

## 平坦化实验

### 实验简介

化学机械研磨(CMP)是一种移除工艺技术,这种技术结合化学反应和机械研磨去除沉淀的薄膜,使表面更平滑和平坦。CMP技术也被用于移除晶圆表面上大量的电介质薄膜,并在硅衬底上形成沟槽隔离(STI),还可以从晶圆表面移除大量金属薄膜并在电介质薄膜中形成金属栓塞或金属线。

### 实验原理

CMP 工作原理是将硅片固定在抛光头的最下面,将抛光垫放置在研磨盘上,抛光时,旋转的研磨头以一定的压力压在旋转的抛光垫上,由亚微米或纳米研磨颗粒和化学溶液组成的研磨液在硅片表面和抛光垫之间流动,然后研磨液在抛光垫的传输和离心力的作用下,均匀分布在其上,在硅片和抛光垫之间形成一层薄膜。研磨液中的化学成分与硅片表面的材料产生化学反应,然后通过磨粒的微机摩擦作用将这些化学反应物从硅片表面去除,溶入流动的液体中带走,即在化学去膜和机械去膜的交替过程中实现平坦化的目的,平坦化结构如图 10-1 所示。

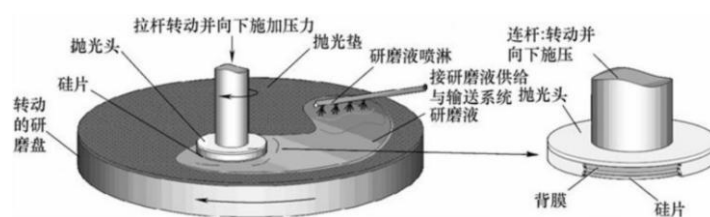


图 10-1 平坦化结构

平坦化过程包括:①化学过程: 研磨液中的化学品和硅片表面发生化学反应, 生成比较容易去除的物质; ②物理过程: 研磨液中的磨粒和硅片表面材料发生机械物理摩擦, 去除化学反应生成的物质。

平坦化设备结构组成包括:①研磨盘: 研磨盘是 **CMP** 研磨的支撑平台, 其作用是承载抛光垫并带动其转动。②研磨头: 将压力均匀地施加在晶圆上, 防止造成晶圆损伤或者晶圆滑出。③研磨浆: 使用在 **CMP** 工艺中的研磨浆, 一般由带有研磨作用的粒子和化学添加物组成的水性化学药品。不同的研磨工艺需要不同的研磨浆, 研磨浆会影响化学机械研磨工艺的移除速率、选择性、平坦性以及均匀性, 因此研磨浆通常针对某种特殊应用并进行精确处理和配置。化学机械研磨工艺中有两种主要的研磨浆:一种是氧化物移除用研磨浆, 另一种是金属移除用研磨浆。氧化物研磨浆通常是一种具有悬浮二氧化硅的碱性溶液, 而金属研磨浆是一种带有氧化铝颗粒的酸性溶液。研磨浆内的添加物可以控制 pH 值, 它会影响化学机械研磨工艺中的化学反应。

研磨速率可以通过测量 **CMP** 过程前后的薄膜厚度变化除以 **CMP** 的时间确定。对于电介质 **CMP** 过程, 移除速率可以用光学反射干涉仪进行临场监测。光学反射干涉仪系统建立在 **CMP** 系统内, 用于监测研磨工艺终点。

## 实验内容

### 1.了解 **CMP** 工艺的原理意义

## **2.操作仪器设备**

完成开玻璃门、上料、研磨、清洗、烘干等操作环节，对晶圆进行 CMP 化学机械研磨操作。

## **3.设置 CMP 参数**

观察晶圆表面在 CMP 工艺下移除速率的变化。

## **4.观察晶圆微观变化**

观察晶圆表面的突出形貌随 CMP 工艺进行，突出部分在研磨液的作用下逐渐消失，使得晶圆表面变得平整的过程。

## **实验仪器**

CMP 平坦化装置由研磨、检测、清洗等部分构成。

### **1.研磨部分**

主要包括研磨头、研磨盘等关键机械装置。

研磨盘是 CMP 研磨的支撑平台，其作用是承载抛光垫并带动其转动；仪器中研磨头有四个，包括研磨头主体、固定环、装载薄膜、向下推进系统，研磨盘设备结构如图 10-2 所示。

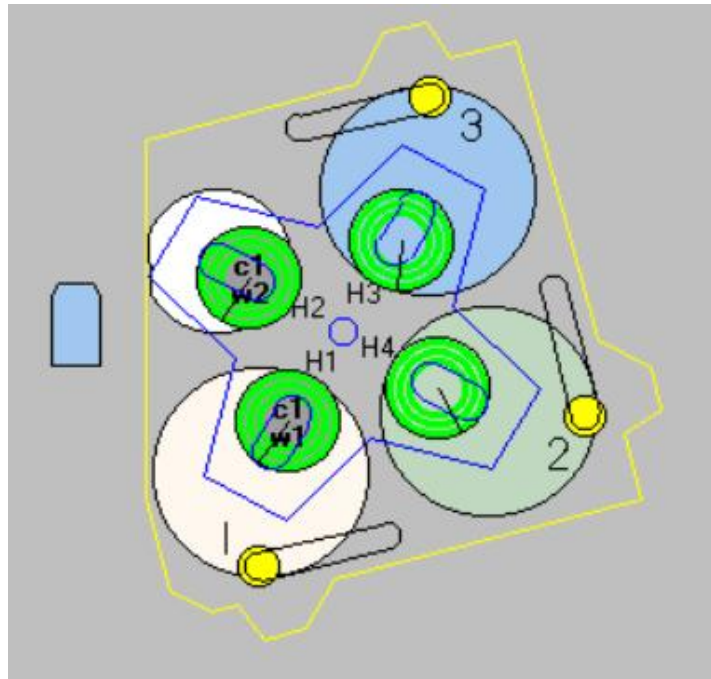


图 10-2 研磨盘设备结构

2.清洗部分通过恰当的设计和管理研磨液供给与输送系统来保证 **CMP** 工艺的一致性，包括研磨液的供给与循环系统。

## 实验指导

### 1.选择实验内容

鼠标点击相关实验内容，进入到该实验操作设备前，实验选择界面如图 10-3 所示。



图 10-3 实验选择界面

## 2.选择实验模式

选择学习模式操作者可以从左侧实验步骤中任意模块进行操作。选择考核模式操作者可以从实际工艺流程往下一步一步操作。在考核模式下记录学生考核的问题及操作步骤分数，实验模式选择界面如图 10-4 所示。



图 10-4 实验模式选择

## 3.实验操作指导界面

界面介绍本工艺知识点及操作者在实验过程中操作指导。

## 4.平坦化设备实验操作步骤

1) 打开仪器门：鼠标左键点击“仪器门”，仪器门打开如图 10-5 所示。

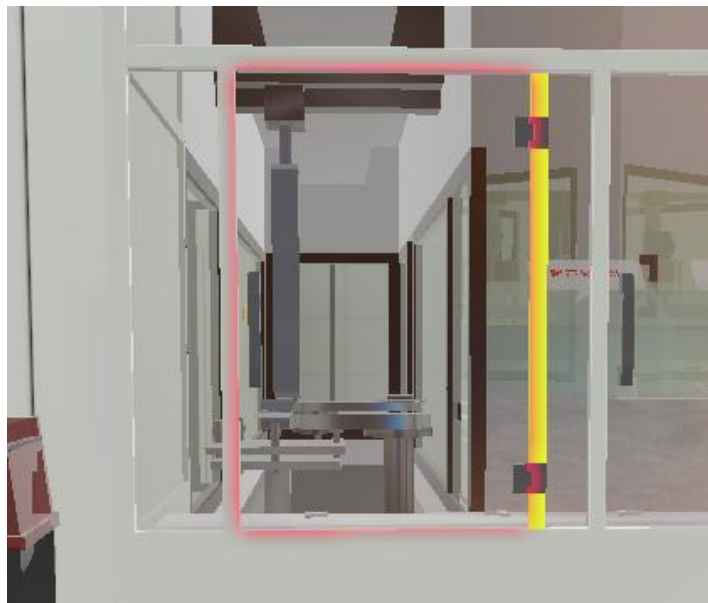


图 10-5 打开仪器门

2) 上料：漫游走到小推车旁，鼠标点击“晶圆盒”然后点击“片夹”上料，点击“玻璃门”，玻璃门关闭，上料如图 10-6 所示。

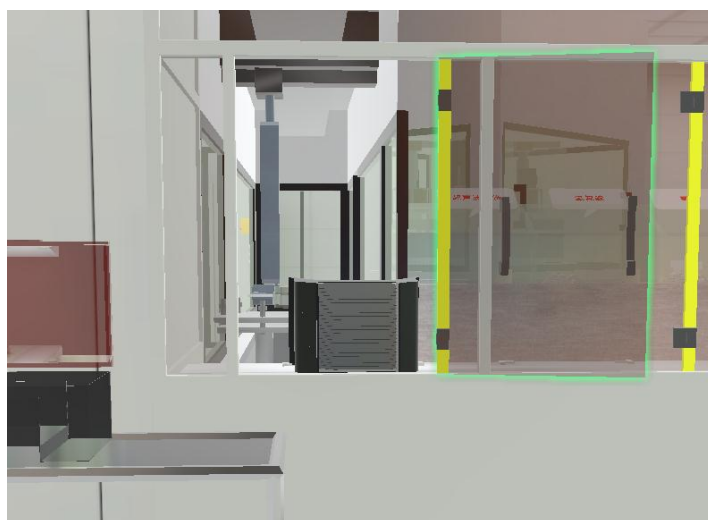


图 10-6 上料

3) 设置实验参数：点击设置参数步骤，漫游至仪器操作面

板前，输入参数如图 10-7 所示。



图 10-7 输入参数界面

4) 开始研磨作业：点击“Start”按钮开始作业，展示平坦化原理过程如图 10-8 所示。

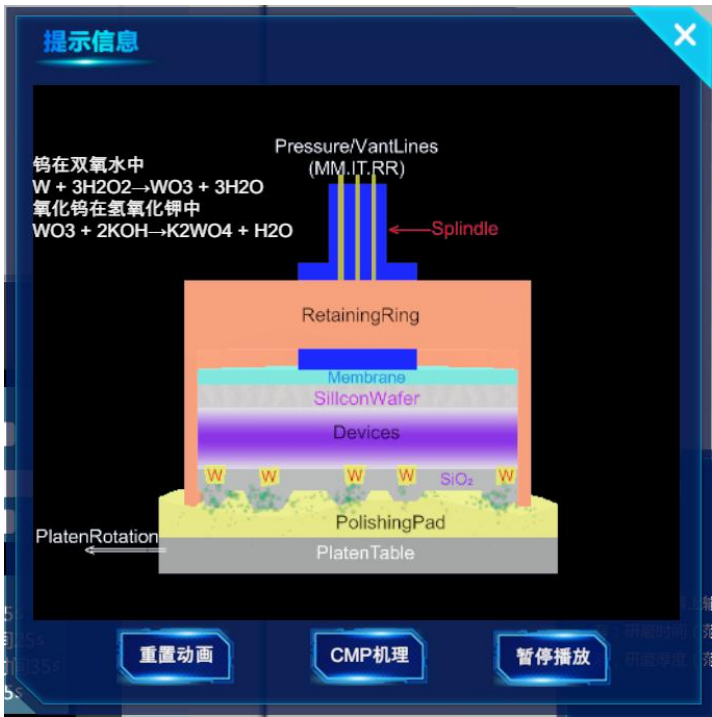


图 10-8 平坦化原理

5) 清洗烘干：点击清洗烘干工艺，进入清洗烘干步骤。

6) 下料：取出晶圆如图 10-9 所示。



图 10-9 取出晶圆

7) 结束实验：请继续进行其他实验项目。退出实验时，保存该实验数据记录，实验结束退出实验界面如图 10-10 所示。

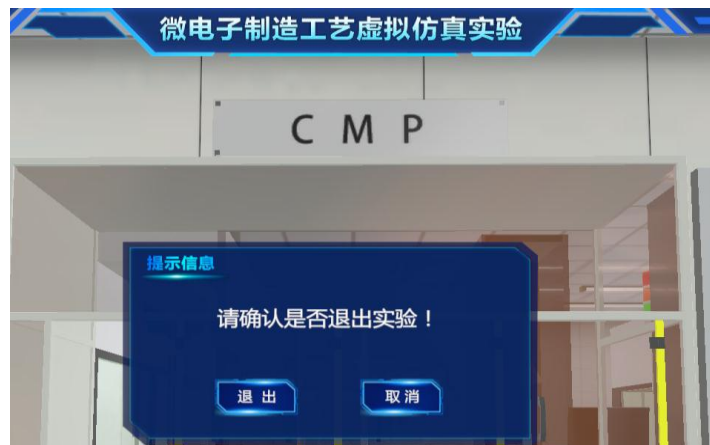


图 10-10 实验结束退出实验

## 思考题

- 1.CMP 工艺中常见的研磨料分为几类？
- 2.CMP 工艺应用前使用哪些平坦化方法？
- 3.为什么需要 CMP 工艺，有什么优点？



4.什么粒子常用于氧化物研磨浆?

## 参考资料

1. 《微电子制造科学原理与工程技术》，第二版，Stephen A.Campbell 著；
2. 《芯片制造》，第六版，Peter Van Zant 著；
3. 《硅集成电路芯片工厂设计规范》，GB50809-2012；
4. 《半导体制造技术》，Michael Quirk,Julian Serda 著；
5. 《半导体器件基础》，Robert F.Pierret 著；