**2020-04-24 课堂测试**

一、选择题（可能是多选）

1、刻蚀具有各向同性，各向异性的特点，以下说法正确的是：  （ A ）

A、横向、纵向刻蚀速率一致时，是各向同性刻蚀

B、刻蚀在一个方向上发生，是各向同性刻蚀

C、湿法腐蚀绝大部分都是各向同性刻蚀

D、干法刻蚀绝大部分都是各向异性刻蚀

2、湿法去胶用到的化学品是硫酸和（B）

A、氢氟酸B、双氧水C、盐酸D、磷酸

3、如果SiO2湿法腐蚀想获得更缓的台阶角度，以下方法可行的是：（ B  ）

A、升高烘烤温度B、降低烘烤温度C、改干+湿工艺D、使用粘附性好的光刻胶

4、SiO2干法刻蚀，刻蚀后CD的影响因素有（  ABC ）

A、刻蚀时间；B、聚合物的多少；C、光刻胶CD；D、气压

5、SiO2干法刻蚀是通过哪种气体进行刻蚀反应： （   B ）SiN干法刻蚀用什么气体（B ）

A、含CL基气体B、含F基气体C、含C基气体D、O2

6、干法刻蚀前有的工序段会有烘烤，它的作用主要是：（   D  ）

A、防止侵蚀B、防止未蚀净C、让台阶角度更陡D、防止皱胶

7、对于外延生长以下说法正确的是：（  ABC   ）

A、外延要满足晶格匹配

B、外延过程可以被监控

C、外延可以是物理过程也可以是化学反应过程

D、外延过程不受温度影响

问答题：

1，（1）什么是刻蚀，（2）简述干法和湿法刻蚀的主要工艺原理，以及他们的工艺过程？（3）什么时候用湿法刻蚀，什么时候用干法刻蚀（4）他们的优缺点是什么？

1. 刻蚀是利用化学或者物理方法有选择地 从硅片表面去除不需要的材料的过程。刻蚀的基本目标是在涂胶的硅片上正确地复制掩膜图形。
2. 干法刻蚀是把硅片表面暴露于空气中产生的等离子体，等离子体通过光刻胶中开出的窗口，与硅片发生物理或化学反应，从而去掉暴露的表面材料。

湿法腐蚀是以液体化学试剂以化学方式去除硅片表面的材料。

（3）干法刻蚀是亚微米尺寸下刻蚀器件的最重要方法；湿法腐蚀一般只是用在尺寸较大的情况下（大于3微米）。

（4）干法刻蚀相对湿法刻蚀优点：1.刻蚀剖面是各向异性，具有非常好的侧壁剖面控制2.好的 CD（关键尺寸）控制3.最小的光刻胶脱落或黏附问题4.好的片内、片间、批次间的刻蚀均匀性5.较低的化学制品使用和处理费用。

湿法刻蚀优点：操作简便、对设备要求低、易于实现大批量生产，并且刻蚀的选择性也好。 缺点：化学反应的各向异性较差；抗蚀剂在溶液中，特别在较高温度的溶液中易受破坏而使掩蔽失效。

2，目前有哪些干法刻蚀的技术方法，他们的主要差别是什么，比较这些技术的优点和局限性（缺点）

（1）等离子刻蚀：利用气压为10～1000帕的特定气体（或混合气体）的辉光放电，产生能与薄膜发生离子化学反应的分子或分子基团，生成的反应产物是挥发性的。它在低气压的真空室中被抽走，从而实现刻蚀。通过选择和控制放电气体的成分，可以得到较好的刻蚀选择性和较高的刻蚀速率，但刻蚀精度不高，一般仅用于大于4～5微米线条的工艺中。

（2）反应离子刻蚀：这种刻蚀过程同时兼有物理和化学两种作用。辉光放电在零点几到几十帕的低真空下进行。硅片处于阴极电位，放电时的电位大部分降落在阴极附近。大量带电粒子受垂直于硅片表面的电场加速，垂直入射到硅片表面上,以较大的动量进行物理刻蚀,同时它们还与薄膜表面发生强烈的化学反应，产生化学刻蚀作用。选择合适的气体组分，不仅可以获得理想的刻蚀选择性和速度，还可以使活性基团的寿命短，这就有效地抑制了因这些基团在薄膜表面附近的扩散所能造成的侧向反应，大大提高了刻蚀的各向异性特性。反应离子刻蚀是超大规模集成电路工艺中很有发展前景的一种刻蚀方法。

（3）离子铣刻蚀：低气压下惰性气体辉光放电所产生的离子加速后入射到薄膜表面，裸露的薄膜被溅射而除去。由于刻蚀是纯物理作用，各向异性程度很高，可以得到分辨率优于 1微米的线条。这种方法已在磁泡存储器、表面波器件和集成光学器件等制造中得到应用。但是，这种方法的刻蚀选择性极差，须采用专门的刻蚀终点监测技术，而且刻蚀速率也较低。

3，干法刻蚀中，硅、SiN和SiO2刻蚀分别用什么气体？分别用什么设备（RIE，ICP等）？硅深刻蚀需要用什么气体，为什么用这些气体？如何保证刻蚀剖面的垂直性和光滑性？

Si：CL2、SF6和C4F8、CF4与O2 SiN:CF4/O2、CF4/H2、CHF3/O2、CH2F2 SiO2：CHF3

4，解释下列概念：1、气体分子的平均自由程；2、饱和蒸气压；3、凝结系数；4、物理气相沉积法；5、溅射；6、怎样表示真空程度，为什么说真空是薄膜制备的基础？

气体分子的平均自由程:每个分子在连续两次碰撞之间的路程称为自由程，其统计平均值称为平均自由程。

饱和蒸气压：在一定温度下，真空室内蒸发物质与固体或液体平衡过程中所表现出的压力。

凝结系数： 当蒸发的气相原子入射到基体表面上，除了被弹性反射和吸附后再蒸发的原子之外，完全被基体表面所凝结的气相原子数与入射到基体表面上总气相原子数之比。

物理气相沉积法：物理气相沉积法是利用某种物理过程，如物质的蒸发或在受到粒子轰击时物质表面原子的溅射等现象，实现物质原子从源物质到薄膜的可控转移的过程

溅射：溅射是指荷能粒子轰击固体表面 (靶)，使固体原子(或分子)从表面射出的现象

在给定的空间内，气体的压强低于一个大气压的状态，称为真空

用真空度 、压强、气体分子密度表示真空程度：单位体积中气体分子数；气体分子的平均自由程；形成一个分子层所需的时间等

因为物理气相沉积法中的真空蒸发、溅射镀膜和离子镀等是基本的薄膜制备技术。它们均要求沉积薄膜的空间有一定的真空度。

5，什么是PVD及其基本步骤？总结PVD方法中一些共同的特点？真空蒸发系统应包括那些组成部分？

PVD即物理气相沉积：指利用物理过程实现物质转移，将原子或分子由源转移到基材表面上的过程。它的作用是可以使某些有特殊性能（强度高、耐磨性、散热性、耐腐性等）的微粒喷涂在性能较低的母体上，使得母体具有更好的性能。 PVD基本方法：真空蒸发、溅射，离子镀。

共同特点：(1) 需要使用固态的或者熔融态的物质作为沉积过程的源物质

(2) 源物质经过物理过程而进入气相

(3) 需要相对较低的气体压力环境

(4) 在气相中及在衬底表面并不发生化学反应

真空蒸发系统应包括： （1) 真空室，为蒸发过程提供必要的真空环境

(2) 蒸发源或蒸发加热器，放置蒸发材料并对其加热

(3) 基板，用于接受蒸发物质并在其表面形成固态薄膜

(4) 基板加热器及测温器等

6，PVD的基本方法有哪些，每种方法都有哪些主要实现方式？磁控溅射的原理和过程是什么？

真空蒸发：电子束、激光、高频感应

溅射：直流溅射、射频溅射、反应溅射、磁控溅射、准直溅射

在靶的周围和后面装置了磁体以俘获并限制电 子在靶前面。磁场在靶材表面与电场垂直，电子沿电 场方向加速、绕磁场方向螺旋前进，提高了电子碰撞 电离效率

7、简述CVD的反应原理、基本步骤、特点、并分析对比与PVD工艺相比的缺点？

CVD指指使一种或数种 物质的气体，以某种方式激活后，在衬底发生化学反 应，并淀积出所需固体薄膜的生长技术。即把含有构成薄 膜元素的反应剂蒸 气，以合理的流速 引入反应室，在衬 底表面发生化学反 应并形成薄膜的一 种淀积方法。

基本步骤：（1）气体传输（2）膜先驱物形成（3）膜先驱物分子气相扩散（4）膜先驱物吸附（5）膜先驱物在晶圆表面的扩散（6）表面反应（7）副产物解吸附（8）副产物移除

特点及优缺点：(1)既可以制备金属薄膜、非金属薄膜，又可按要求制备多成分的合金薄膜

(2) 成膜速度可以很快，每分钟可达几个微米甚至数百微米

(3) CVD反应在常压或低真空进行，镀膜的绕射性好，对于形状复杂的表面或工件的深孔、细孔都能均匀镀覆，在这方面比PVD优越得多

(4) 能得到纯度高、致密性好、残余应力小、结晶良好的薄膜镀层。由于反应气体、反应产物和基体的相互扩散，可以得到附着力好的膜层，这对表面钝化、抗蚀及耐磨等表面 增强膜是很重要的

(5) 由于薄膜生长的温度比膜材料的熔点低得多，由此可以得到纯度高、结晶完全的膜层，这是有些半导体膜层所必须的

(6) CVD方法可获得平滑的沉积表面

(7) 辐射损伤低。这是制造MOS半导体器件等不可缺少的条件

缺点：化学气相沉积的主要缺点是：

反应温度太高，一般要1000℃左右，许多基体材料都耐受不

住CVD的高温，因此限制了它的应用范围

8、常见的几种CVD技术分类，工艺原理、工艺特性、应用和特点

根据淀积温度分： 低温CVD (LT~)：200 ~ 500℃；

中温CVD (MT~)：500 ~ 1000℃

高温CVD (HT~)：1000 ~ 1300℃

根据反应腔中的压力分：

常压CVD (APCVD)：一个大气压，101KPa；

低压CVD (LPCVD)：100Pa左右；

根据反应器是否加热分为： 热壁反应、冷壁反应

根据使用的能量源分为：热辐射CVD 等离子体CVD (PECVD)：既是低温 (100~400℃)，又是低压（与LPCVD同）

按反应器形状分： 立式（又分为钟罩式和桶式）、卧式

常压化学气相淀积APCVD ：反应机制（淀积机理）：质量输运控制(过程)；

优点：淀积速率高(1000A/min)，操作简便；

缺点：产率低，易污染，薄膜均匀性差；

主要应用：早期主要用于厚介质层和硅外延层淀积， 如SiO2、 Si3N4；O3-TEOS APCVD广泛用于STI和 PMD(Pre-metal dielectric）。

低压化学气相淀积 LPCVD ：反应机制（淀积机理）：质量输运控制(过程)；反应器内的气流条件并不重要，允许反应腔设计 优化以得到更高的产量；只要严格控制温度，可得 到淀积均匀的膜

优点：淀积速率高(1000A/min)，操作简便；

缺点：产率低，易污染，薄膜均匀性差；

主要应用：早期主要用于厚介质层和硅外延层淀积， 如SiO2、 Si3N4；O3-TEOS APCVD广泛用于STI和 PMD(Pre-metal dielectric）。

等离子化学气相淀积 PECVD：

优点：温度低（200－350℃），膜特性好(附着性、 台阶覆盖、高深宽比间隙填充能力、针孔和空洞密 度、电学特性)，更高的淀积速率；

缺点：产量低，有颗粒污染；

主要应用：当前ULSI中最主要的CVD技术，在填充 小几何尺寸的结构和高深宽比间隙方面有非常好的性 能，主要用来淀积绝缘层。

9、什么是外延技术，什么是异质外延和同质外延，分别举出三种代表性结构？在理解薄膜生长过程的基础上，总结MBE、MOCVD外延设备在沉积薄膜的时候特点，从设备构造、生长温度、沉积过程等等角度分析

外延技术就是在晶体取向的晶圆片上生长单晶薄膜的技术，同质外延（在同一材料的基材上生长，是均匀的）；异质外延（在不同材料的基材上生长，是不均匀的）

MBE: 外延设备上有多个喷射口，可以生长多层、杂质 分布.复杂的外延层，外延层最多层数可达104层。

\*在整个外延过程中全程监控，因此外延层质量高。

\*分子束外延多用于外延结构复杂、外延层薄的外 延层，异质外延一般也采用分子束外延。 \*生长慢（既是优点也是缺点），通常用于过高精 度或过薄的外延层。

MOCVD是在气相外延生长(VPE)的基础上发展起来的一种新型气相外延生长技术。  
MOCVD是以Ⅲ族、Ⅱ族元素的有机化合物和V、Ⅵ族元素的氢化物等作为晶体生长源材料，以热分解反应方式在衬底上进行气相外延，生长各种Ⅲ-V主族、Ⅱ-Ⅵ副族化合物半导体以及它们的多元固溶体的薄层单晶材料。

10、详细说明淀积 硅，二氧化硅，氮化硅，金属铝，氮化镓的常用手段和工具，每种材料至少举出两种不同的淀积方法。