集成电路工艺原理第2次小测

胡睿 PB17061124

1.扩散完毕后，我们对扩散层的一些特性及扩散效果进行验收，请回答

Ø 薄层电阻测量用什么方法，其测试原理是什么？

四根探针的四个针尖都保持在一条直线上(linear)， 并以等压力压在半导体样品表面。1和4称为电流探针， 由稳压电源恒电流供电；2和3称为电位探针，测量这两个探针之间的电位差。

Ø 结深测量用什么方法，其测试原理是什么？

磨角染色法(bevel and stain)：

pn结显示技术：不同导电 类型的区域，由于电化学 势不同，经染色后显示出 不同颜色；

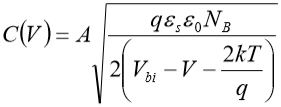
常用染色液：HF与01％ HNO3的混合液，使p区的 显示的颜色比n区深。

Ø 掺杂分布测量用什么方法，其测试原理是什么？

1.C－V测量(CapacitanceVoltage Measurement)：

测量结的反偏电容和电压的关系可 以测得扩散层的掺杂分布。

对于均匀掺杂的单边突变结， 结电容由下式给出：



2. 二次离子质谱（Secondary Ion Mass Spectroscopy, SIMS）

用高能离子束轰击样品，使其产生正负二次离子，将这 些二次离子引入质谱仪进行分析，再由检测系统收集，据此识别样品的组分。

2. 两步扩散法分别指哪两步，他们之间的相互作用及最终实现目标是什么？哪些因素会影响掺杂杂质在硅中掺杂分布？实际硅工艺中扩散是怎么实现的，他们作用又是什么？缺陷越多，扩散越快还是越慢？

第一步 预淀积扩散：

为恒定表面浓度的扩散（预沉积扩散 Pre-deposition）；是在较低的温度(800－900℃)下进行短时间的浅结恒定表面源扩散；扩散深度很浅，可认为是均匀分布在一薄层中，且其表面浓度是恒定的。

目的：提供扩散源，控制扩散杂质的总量。 预淀积为整个扩散过程建立了浓度梯度第二步 为有限源的推进扩散（Drive-in主扩散 或再分布），往往同时氧化；目的：控制扩散深度和表面浓度；

第二步：推进扩散 将硅片放入另一个温度较高(1000－1200℃) 的扩散炉中，使表面上的杂质向硅片内部扩散 ，直到表面浓度和结深达到要求为止。 是深结有限表面源扩散，预淀积的扩散杂质 总量作为扩散的杂质源，不再有新源补充。是原 先数量的杂质在高温下的重新分布。

目的：控制表面浓度和扩散深度。

**影响杂质分布的其他因素：**

一、硅中的点缺陷

二、扩散系数与杂质浓度的关系

三、氧化气氛对扩散的影响

四、扩散的相互作用

五、横向扩散

**实际扩散工艺实现：**

▪ 预淀积

两个作用： ▪ 实现杂质源在硅表面的均匀淀积； ▪ 生长掩蔽氧化层；

▪ 推进扩散

主要作用： 用高温使预淀积的杂质穿过硅晶格， 从而在硅片中形成需要的浓度分布和结深。

▪ 激活

主要作用： 使杂质原子与晶格中的硅原子键合，从 而使杂质原子移到正常的晶格上，这一过程 称为激活。

**缺陷越多，扩散越快**

3. 以下硅中的常用掺杂杂质硼，磷，砷分别是什么类型掺杂？尺寸很小的pn结和CMOS管中的沟道形成主要通过扩散还是离子注入方式实现？他们在晶体管中如果要实现特定区域重掺杂，用什么方式实现，分别以浅结和深结为例进行说明。

硼是n型掺杂

磷，砷是p型掺杂

尺寸很小的pn结和CMOS管中的沟道形成主要通过离子注入方式实现

**浅结形成：**形成硼浅结主要受以下因素的影响：

▪ 硼很轻，注入时投影射程深；

▪ 硼被偏转进主晶轴方向的概率较高，易产生沟道效应；

一种解决方法：注硼之前以高剂量注入 重原子(Ge)使硅表面非晶化。

4. 扩散工艺和离子注入两种方式掺杂的区别、目的和他们的分别应用场景列举。

扩散，是一种材料通过另一种材料的运动。 宏观上是微观粒子无规则热运动的统计结果， 表现为粒子由高浓度区域向低浓度区域运动，从 而使得粒子的分布逐渐趋于均匀。本质上是物质的基本性质，是微观粒子的一种普遍的运动形式。

离子注入是离化后的原子在强电场的 加速作用下，注射进入靶材料 的表层，以改变特定区域材料 表层的物理或化学性质的一种 掺杂方法。是一种以物理方式向硅衬 底中引入可控制数量的杂质， 以改变这种材料表层的物理或 化学性质的掺杂方法。

**离子注入**更适用于更小特征图形尺寸与更近器件间距。

**热扩散**对先进电路有所限制：

▪ 横向扩散 ➔ 芯片面积的增加、集成度降低

▪ 高温 ➔ 晶体损伤 ➔ 漏电流引发的器件失效 ➔ 工艺范围更宽

▪ MOS晶体管的发展 ➔ 低掺杂度控制和超浅结

**离子注入的应用场景：**

高能注入形成埋层、LOCOS(硅局部氧化)下方的p-n结隔离、形成基区注入、砷注入多晶硅发射区、多晶电阻；

离子注入在现代硅片制造中有广泛的应用， 其中最主要的应用是掺杂半导体材料，特别适 用于高浓度、浅结和低浓度及具有特殊浓度分 布掺杂的制备，是亚微米以后和大直径硅片制 作的标准工艺。 如：隔离工序中的沟道形成、CMOS阱的 形成，以及MOS管源、漏区的形成、调整VT的 沟道掺杂，防止寄生沟道的沟道隔断等。

5. 离子注入的基本过程及关键步骤，及其优缺点。常见的两种阻挡机制是什么？砷化镓中的硒，硅中的硼分别用的是哪个机制？

**离子注入的基本过程：**

➢将某种元素的原子或携带该元素的分子经离化 变成带电的离子；

➢通过质量分析选择出所需要的注入离子；

➢在强电场中加速，获得较高的动能后，投射入 材料表层（靶）

**关键步骤：**

离子的产生、加速、控制

**优点：**

高精度(误差在2%左右，扩散工艺为5~10%）：离子 注入深度是随离子能量的增加而增加，可重复精确控 制掺杂浓度和深度，易形成浅结和超浅结。

▪ 低温工艺(Si，室温；GaAs，<400℃) ：拓宽了对注 入掩蔽膜的选择(光刻胶，铝等都可作为掩蔽膜)，对 器件制造中的自对准掩蔽技术给予更大的灵活性；且 易实现对化合物半导体的掺杂，同时避免了高温扩散 的热缺陷。

▪ 掺杂纯度高：单一的离子束，注入离子纯度高，能量 单一，从而保证了掺杂纯度不受杂质源纯度的影响， 利于MOS管阈值电压的控制和保证杂质源的纯度。

▪ 很好的杂质均匀性，同一平面内的杂质均匀性和重复 性在±1％，(而高浓度扩散的最好结果只能控制在5％ -10％)，利于器件电学性质的控制，使电路的性能一致且电学性质好。

▪ 无固溶度极限，原则上各种元素均可掺杂，使可供选 择的掺杂元素的范围变大，使掺杂工艺灵活多样。

▪ 直进性，横向效应 比扩散小很多，保 证了高集成度及较 好的电性能。

**缺点：**

造成衬底晶圆的晶格损伤

注入设备复杂而昂贵

**常见的两种阻挡机制：**

核阻止机制

电子阻止机制

砷化镓中的硒使用的是核阻止机制

硅中的硼用的是电子阻止机制