

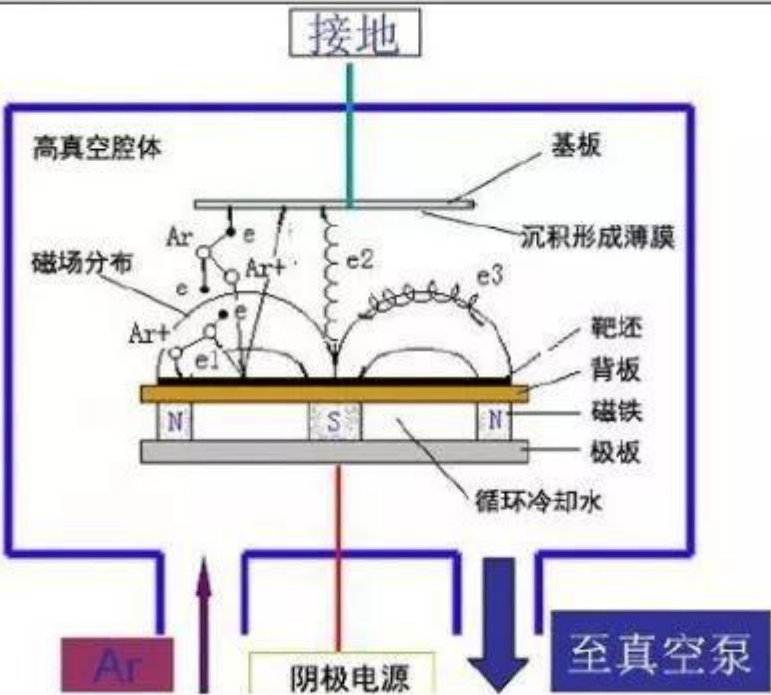
# 溅射靶材介绍：溅射中国“芯”

## 一、概念及原理：

溅射是制备薄膜材料的主要技术之一，它利用离子源产生的离子，在真空中经过加速聚集，而形成高速度能的离子束流，轰击固体表面，离子和固体表面原子发生动能交换，使固体表面的原子离开固体并沉积在基底表面，被轰击的固体是用溅射法沉积薄膜的原材料，称为溅射靶材。

溅射靶材工作原理示意图如下：

图 7：溅射靶材原理示意图



## 二、工艺流程：

在靶材制造的过程中，需要经历粉末冶炼、粉末混合、压制成型、气氛烧结、塑性加工、热处理、超声探伤、机械加工、水切割、机械加工、金属化、绑定、超声测试、超声清洗、检验出货，共计 15 道工序。

1.粉末冶炼：对原料粉末进行前期的气氛烧结，对原料粉末中气体含量进行控制。

2.粉末混合：靶材有着独特的配方，需精确的控制各组分的含量，并严格限制杂质含量，在粉末冶金的过程中，需要将各元素充分混合均匀，粒度分布均匀，防止污染并要通过特殊工艺手段制备成混合型复粉。

3.压制成型：采用粉末冶金工艺制备的靶材需要对粉体料进行预压，使之成为中等密度生坯，其密度的均匀性和内部的缺陷影响着后期高温烧结的成品率。

4.气氛烧结：预压成型的生坯需要再经过一次或多次的高温烧结，根据不同材料选择不同的烧结温度曲线，并选择不同的烧结环境，如烧结气氛、烧结压力等，从而制备成高密度的靶坯。

5.塑性加工：金属坯锭需经过大幅度的塑性变形，以获得足够的长宽厚度尺寸，并使得内部晶粒进行足够的拉伸变形，从而在内部产生足够多的位错。

6.热处理：金属坯锭在经过大幅度的塑形变形后，根据不同的材料的特性选择热处理工艺，从而使金属材料发生重结晶去除内应力。

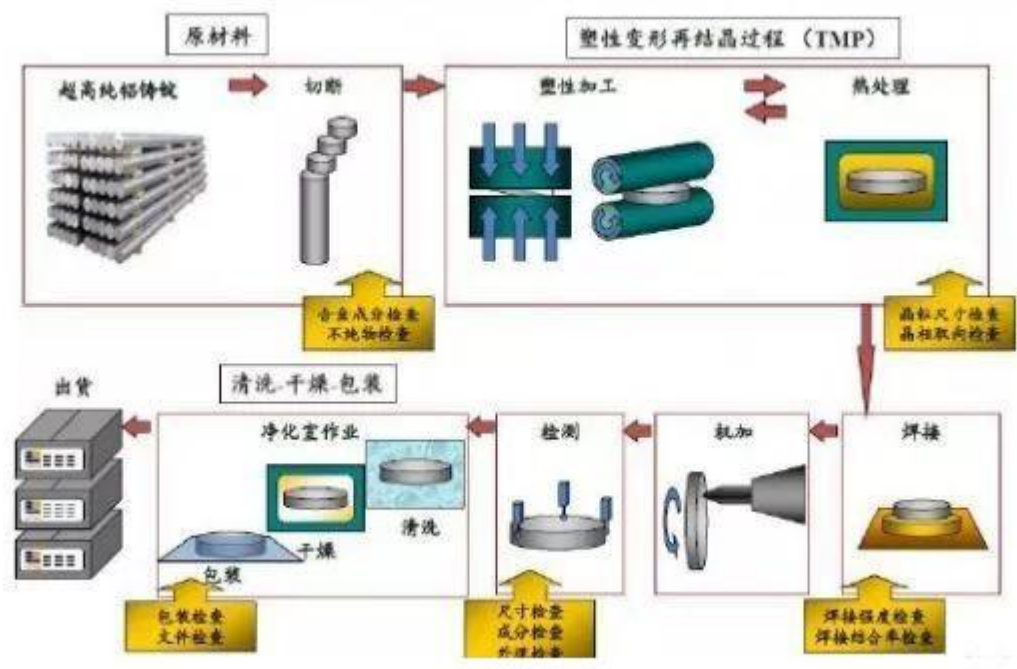
7.超声探伤：靶坯加工完后需要采用波进行检查材料内部是否有缺陷，靶坯与背板绑定完成后，需要采用水浸式超声波扫描仪进行粘结层的检测验粘结面积是否达标。

8.机械加工：靶坯需要进行精密的机械成型加工，用于与靶坯复合使用的背板，由于承担与镀膜设备精确配合、承受高压水冷等作用，需要具备极高的尺寸精度与机械精度，加工难度较高，尤其是带内循环水路的背板，由于材质的特殊性，水路的密闭焊接非常困难，需要用到特种焊接工艺。

9.金属化：靶坯与背板在绑定之前，为增强靶材和靶材与焊料的金属润湿性能，需要进行焊合面的预处理，使之表面镀上一层过渡层。

10.绑定：大部分靶材由于材料的物理或者化学性能受限，不可直接装机镀膜使用，需要采用金属焊料将靶坯与背板相互焊合连接，并且表面有效粘结率需要达到大于95%的大面积焊合，整个过程需要在高温和高压下进行。

图 8：铝靶工艺流程



三、靶材分类

靶材的分类方法很多。大体上，可以按材质分类、按形状分类、按应用领域分类。按形状分类可分为长靶、方靶、圆靶。按材质分类可分为金属靶材（纯金属铝、钛、铜、钽等）、合金靶材（镍铬合金、镍钴合金等）、陶瓷化合物靶材（氧化物、硅化物、碳化物、硫化物等）。按应用领域分类靶材可分为半导体芯片靶材、平板显示靶材、太阳能电池靶材、信息存储靶材、工具改性靶材、电子器件靶材、其他靶材。

表 1: 靶材按分类方法

序号	分类标准	产品类别
1	按形状分类	长靶、方靶、圆靶
2	按化学成分分类	金属靶材（纯金属铝、钛、铜、钽等）、合金靶材（镍铬合金、镍钴合金等）、陶瓷化合物靶材（氧化物、硅化物、碳化物、氮化物、硫化物等）
3	按应用领域分类	半导体芯片靶材、平板显示靶材、太阳能电池靶材、信息存储靶材、工具改性靶材、电子器件靶材、其他靶材

在溅射靶材应用领域中，半导体靶材是制造集成电路的关键原材料，也是技术要求最高的靶材。半导体靶材要求超高纯度金属、高精度尺寸、高集成度，半导体靶材制造原料主要有超高纯度铝、钛、铜、钽等。平板显示靶材的原材料有高纯度铝、铜、钼等，还有掺锡氧化铟（ITO），主要用于高清电视、笔记本电脑等。平板显示靶材技术要求也很高，它要求材料高纯度、面积大、均匀性程度高。太阳能靶材的原材料有高纯度铝、铜、钼、铬等，主要应用于薄膜太阳能电池，太阳能靶材技术要求高、应用范围大。信息存储靶材的原材料有铬基、钴基合金等，主要用于光驱、光盘、机械硬盘、磁带等。信息存储靶材具备高存储密度、高传输速度等特性。工具改性靶材的原材料有纯金属铬、铬铝合金等，主要用工具、模具等表面强化，性能要求较高、使用寿命延长。电子器件靶材的原材料有镍铬合金、铬硅合金等，主要应用于薄膜电阻、薄膜电容，要求电子器件尺寸小、稳定性好、电阻温度系数小。其他领域的靶材主要原材料有纯金属铬、钛、镍等，主要用途有装饰镀膜、玻璃镀膜等，技术要求一般，主要用于装饰、节能等。

表 2：靶材按应用领域分类

应用领域	金属材料	主要用途	性能要求
半导体芯片	超高纯度铝、钛、铜、钽等	制备集成电路的关键原材料	技术要求最高、超高纯度金属、高精度尺寸、高集成度
平板显示器	高纯度铝、铜、钼等，掺锡氧化铟（ITO）	高清晰电视、笔记本电脑等	技术要求高、高纯度材料、材料面积大、均匀性程度高
太阳能电池	高纯度铝、铜、钼、铬等	薄膜太阳能电池	技术要求高、应用范围大
信息存储	铬基、钴基合金等	光驱、光盘、机械硬盘、磁带等	高存储密度、高传输速度
工具改性	纯金属铬、铬铝合金等	工具、模具等表面强化	性能要求较高、使用寿命延长
电子器件	镍铬合金、铬硅合金等	薄膜电阻、薄膜电容	要求电子器件尺寸小、稳定性好、电阻温度系数小
其他领域	纯金属铬、钛、镍等	装饰镀膜、玻璃镀膜等	技术要求一般，主要用于装饰、节能等

高纯溅射靶材在平板显示、信息存储、太阳能电池、半导体四个领域的应用占比合计达到 94%，下游应用集中度很高。靶材的应用领域虽多，但是在其它领域占比并不高。

1、平板显示靶材

便携式个人计算机、电视、手机等对平板显示器件需求急剧增长刺激，极大地促进了各类平板显示器件的发展。平板显示器分为以下几种：液晶显示器件（LCD）、等离子体显示器件（PDP）、薄膜晶体管液晶平板显示器（TFT-LCD）等。所有这些平板显示器件都要用到各种类型的薄膜，没有薄膜技术就没有平板显示器件。平板显示器多由金属电极、透明导电电极、绝缘层、发光层组成，为了保证大面积膜层的均匀性，提高生产率和降低成本，几乎所有类型的平板显示器件都会使用大量的镀膜材料来形成各类功能薄膜，其所使用的 PVD 镀膜材料主要为溅射靶材，平板显示器的很多

性能如分辨率、透光率等都与溅射薄膜的性能密切相关。平板显示行业主要在显示面板和触控屏面板两个产品生产环节使用 PVD 镀膜材料。其中，平板显示面板的生产工艺中，玻璃基板要经过多次溅射镀膜形成 ITO 玻璃，然后再经过镀膜，加工组装用于生产 LCD 面板、PDP 面板及 OLED 面板等。触控屏的生产，则还需将 ITO 玻璃进行加工处理、经过镀膜形成电极，再与防护屏等部件组装加工而成。此外，为了实现平板产品的抗反射、消影等功能，还可以在镀膜环节中增加相应膜层的镀膜。平板显示镀膜用溅射靶材主要品种有：钼靶、铝靶、铝合金靶、铬靶、铜靶、铜合金靶、硅靶、钛靶、铌靶和氧化铟锡（ITO）靶材等。

## 2、记录媒体靶材

21 世纪是经济信息化、信息数字化的高科技时代。信息超高密度储存和高速传输的要求，推动信息高技术的进一步发展。先进的电子计算机和获取、处理、存储、传递各种信息的自动化设备都需要储存器，信息存储包括磁信息存储、磁光信息存储和全光信息存储等。磁存储器如磁盘、磁头、磁鼓、磁带等是利用磁性材料的铁磁特性实现信息存储的。溅射薄膜记录用的靶材包括铬基、钴基、钴铁基、镍基等合金。光记录靶材主要指在光盘制造中使用到的溅射靶材。结构简单的光盘主要由基板、记录层、反射层、保护层和印刷层组成，结构复杂的光盘层数超过 10 层，与溅射靶材相关的主要有记录层、反射板和保护层。

## 3、太阳能电池靶材

太阳能光伏行业中，PVD 镀膜材料主要应用于太阳能电池。按太阳能电池的结构划分，可分为晶硅和薄膜太阳能电池两大族群。目前，PVD 镀膜工艺主要在薄膜太阳能电池中使用，主要镀膜材料为溅射靶材。其中，较为常用的溅射靶材包括铝靶、铜靶、钼靶、铬靶以及 ITO 靶、AZO 靶等，纯度一般在 99.99% 以上，其中，铝靶、铜靶用于导电层薄膜，钼靶、铬靶用于阻挡层薄膜，ITO 靶、AZO 靶用于透明导电层薄膜。



#### 4、半导体靶材

高纯溅射靶材是伴随着半导体工业的发展而兴起的，集成电路产业成为目前高纯溅射靶材的主要应用领域之一。随着信息技术的飞速发展，要求集成电路的越来越高，电路中单元器件尺寸不断缩小，元件尺寸由毫米级到微米级，再到纳米级。每个单元器件内部由衬底、绝缘层、介质层、导体层及保护层等组成，其中，介质层、导体层甚至保护层都要用到溅射镀膜工艺，因此溅射靶材是制备集成电路的核心材料之一。集成电路领域的镀膜用靶材主要包括铝靶、钛靶、铜靶、钽靶、钨钛靶等，要求靶材纯度很高，一般在 **5N（99.999%）** 以上。因此半导体镀膜用靶材价格昂贵。半导体靶材主要在晶圆制造和封装测试过程中使用。