

考试复习重点资料（最新版）

资料见第二页

封

面

武汉理工大学材料学院考研复试答案总结

1、材料科学与工程的定义及特点。

材料科学与工程就是研究有关材料组成, 结构, 制备工艺流程与材料性能与用途之间关系的产生和应用的学科。**材料科学与工程的特点:** (1) **多学科交叉。**材料科学与工程具有与物理学, 化学, 冶金学, 金属学, 陶瓷学, 计算数学等互相融合和交叉的结果。(2) **具有鲜明的工程性。**材料科学是面向实际, 为经济建设服务的, 是一门应用科学。实验室里的研究成果必须通过工程研究开发以确定合理的工艺流程, 经过中间实验, 最后批量生产出符合要求的工程材料。(3) **处于发展中的学科。**材料科学没有象力学, 电学那样完整的学科体系, 是一门处于不断发展之中的学科。(4) **材料科学同工程技术有不可分割的关系, 二者相辅相成。**(5) **有很强应用目的和明确的应用背景。**(6) **被看作室知识的开发和知识的传输所形成的体系。**

2、什么是材料科学与工程的四要素? 材料科学有哪三个重要属性?

答: 其四要素为: 组成与结构, 合成与生产过程, 性能, 使用效能。

三属性为: (1) **多学科交叉**材料科学与工程与物理学, 化学, 冶金学, 金属学, 陶瓷学, 计算数学等多学科交叉和结合的特点。(2) **具有鲜明的工程性**材料科学是面向实际, 为经济建设服务的, 是一门应用科学。实验室里的研究成果必须通过工程研究开发以确定合理的工艺流程, 最后批量生产出符合要求的工程材料。(3) **处于发展中的学科**材料科学没有象力学, 电学那样完整的学科体系, 是一门处于不断发展之中的学科。

3、何谓材料科学的六面观? 并叙述一下现代的材料观?

答: 材料科学与工程有四个要素组成, 他们形成于一个四面体, 但应该认识到结构与成分不是一回事, 同样成分的材料因处理方法不同, 可得出不同结构的材料, 从而导致性能和使用效能不一样, 因此将成分, 结构, 合成与加工, 性能以及使用效能成为 MSE 的五要素, 把它们连在一起, 组成一个六面体。

材料的使用效能就是材料性能在工作状态下的表现, 材料性能可使用可视为材料的固有性能, 而使用则能随着工作环境不同而异。理论与材料工艺设计位于六面体的中心, 它直接和其他几个要素相连, 表明他的中心位置。

6、材料在国民经济建设中的地位和作用。

答: 根据材料及其在各领域的作用可划分为: 信息功能材料、先进的陶瓷材料、能源结构材料、功能材料与全能材料、低维材料、生物材料、智能化材料、环境材料(绿色材料)。材料是国民经济的基础, 工农业技术的发展, 科技的进步, 人类生活水平的提高都离不开性能各异的金属材料, 陶瓷材料, 高分子材料, 复合材料, 以满足不同的需要。材料是人类进步的里程碑。时代的发展需要材料, 材料推动时代的发展, 所以人们把材料视为现代文明的支柱之一。尤其是新材料的研究、开发和应用, 反映着一个国家的科学技术与工业水平。从某种意义上说, 材料是一切文明和科学的基础, 材料无处不在, 无处不有, 它与人类及其赖以生存的社会环境存在着紧密而有机的联系, 纵观人类利用材料的历史, 可以清楚的看到, 每一种重要材料发现与利用, 都会把人类改造和支配自然的能力提到一个新的水平, 给社会生产和人类生活带来巨大的进步。综上所述, 材料是人类赖以生存的基础, 材料的发展与进步伴随着人类文明发展和进步的全过程, 材料是国民经济建设, 国防建设和人民生活不可或缺的重要组成部分。

7、结合自己所学专业, 叙述二个本专业的研究热点问题。

答: 比如 隐身材料的 吸收一定范围电磁波的研究

(1) **高性能纳米结构材料的合成** 对纳米结构的金属和合金重点放在大幅度提高材料的强度和硬度, 利用纳米颗粒小尺寸效应所造成的无位错密度区域使其达到高硬度, 高强度. 纳米结构铜或银的块体材料的硬度比常规材料高 50 倍, 屈服强度高 12 倍; 对纳米陶瓷材料, 着重提高断裂韧性, 降低脆性, 纳米结构碳化硅的断裂韧性比常规材料提高 100 倍, $n\text{-ZrO}_2\text{+Al}_2\text{O}_3$, $n\text{-SiO}_2\text{+Al}_2\text{O}_3$ 的复合材料, 断裂韧性比常规材料提高 4-5 倍, 原因是这类纳米陶瓷庞大体积百分数的界面提供了高扩散的通道, 扩散蠕变大大改善了界面的脆性。

(2) **纳米添加使传统材料改性** 高居里点, 低电阻的 PTC 陶瓷材料, 添加少量纳米二氧化钛可以降低烧结温度, 致密速度快, 减少 Pb 的挥发量, 大大改善了 PTC 陶瓷的性能; 纳米材料添加到塑料中使其抗老化能力

增强,寿命提高.添加到橡胶可以提高介电和耐磨特性;纳米材料添加到其它材料中都可以根据需要,选择适当的材料和添加量达到材料改性的目的,应用前景广阔.

(3) **燃料电池** 近二,三十年来,由于一次能源的匮乏和环境保护的突出,要求开发利用新的清洁能源.(燃料电池由于具有能量转化率高,对环境污染小等优点受到世界各国的普遍重视) 燃料电池是一种将所提供燃料的化学能直接变换为电能的高效能量转换装置;是既水力,火力,核力后的第四类发电技术. 其特点有:1. 由于化学能直接转化为电能,与普通发电方式相比,避免了能量形式的变化不受卡诺循环限制,能量转化效率高. 2. 环保. 废气如 SO_x , NO_x , CO_2 等的排放量极低. 此外,由于电池中无运动部件,工作时非常安静. 3. 电池的本题的负荷反应性能好,可靠性高.

(4) **碳纳米管** 是一种具有特殊结构的一维量子材料(径向尺寸为纳米级,轴向尺寸为微米级). 它主要由六边形排列的碳原子构成数层到数十层的同轴圆管,层与层之间保持固定的距离. 作为一维纳米材料,重量轻,六边形结构连接完美,具有许多异常的力学,电学性能: 1 力学性能 其密度只有钢的 $1/6$,结构与高分子材料相似,但抗拉强度极大,弹性模量达 1TPa ,用其增强的塑料力学性能优良且抗疲劳,抗蠕变,形变小,滑动性能好. 2 电学性能 利用其结构中空的特点,可作为制造某些纳米尺度金属导线的模具. 有些管径的碳纳米管是性能优于石墨材料的良好导体,另一些管径可能是半导体. 3 导热性能 其拥有非常大的长径比,因而其沿长度方向的热交换性能很高,垂直方向热交换性能较低,故其可制成高各向异性热传导材料.

(5) **快速成型技术**: 快速成型技术起始于 20 世纪 80 年代末 90 年代初,她突破了传统的加工模式,不需要机械加工设备即可快速地制造形状极为复杂的工件,被认为是近 20 年制造技术领域的一次重大突破.快速成型技术是对机械、电子、光学、材料等学科的综合.针对工程领域而言,其广义上的定义为:通过概念性的具备基本功能的模型快速表达出设计者意图的工程用方法.针对制造技术而言,狭义上的定义为:一种根据 CAD 信息数据把成型材料层层叠加而制造零件的工艺过程.快速成型技术都是基于离散一叠加原理而实现快速加工原型或零件的.其具体成型过程为:首先用 CAD 软件设计出零件的 CAD 模型并对其进行网格化模拟,然后根据具体工艺要求,将其按一定厚度分层,即将其离散为一系列二维层面,将这些离散信息同加工参数相结合驱动成形机顺序加工各单元层面并彼此黏合,从而得到与 CAD 模型对应的三维实体,即物理模型或原型,原型再经过打磨处理后即成为零件.

(6) **反求工程**:也称逆向工程,反向工程等,是对存在的实物模型进行测量,并根据测得的数据重构出数字模型,进而进行分析、修改、检查、输出图纸,然后制造出产品的过程.简单的说,传统的设计制造是从图纸到零件,而反求工程的设计是从零件到图纸,再经过制造过程到零件.用反求工程开发产品可以有两种工艺路线,即:首先用三维数字化测量仪器准确快速的测量出轮廓坐标值,并构建曲面,经编辑、修改后将图档转换为一般的 CAD/CAM 系统,再由 CAM 所产生道具的 NC 加工路径送至 CNC 加工及制造所需模具,或者以快速原型制造技术将样品模型制造出来.反求工程是快速成型制造的重要数据来源之一,将反求工程与快速成型技术相结合,可以在已有原型的基础上进行复制和产品才创新再设计,缩短新产品的设计和研制周期,降低新产品的研制成本和风险.反求工程的关键是如何根据获得的数据准确的重构出三维曲面模型.

8、简述你所熟悉的几种有关材料的测试技术,并写出其中一种测试技术的原理及解析方法。

答: A . **电子探针 (EPMA)** 电子探针 X 射线显微分析是一种显微分析和成分分析相结合的微区分析特别适用于分析试样中微小区域的化学成分,因而是研究材料组织结构和元素分布状态的极为有用的分析方法.电子探针一般采用两个磁透镜聚焦,使入射电子束的直径缩小到一微米以下,打到试样由光学显微镜预先选好的待测点线面上,使这里的各种元素激发产生相应的特征 x 射线谱,经晶体展谱后由探测系统接收,从特征 x 射线谱的波长及强度可以测定待测点的元素及含量.

电子探针对微区、微粒和微量成分具有分析元素范围广,灵敏度高,准确快速和不损耗试样等特点.可以做定性、定量分析.因此,可用于各个领域. (1) 冶金学: 在冶炼和热处理过程中,材料出现的大量显微现象,如析出相、晶面偏析、夹杂物等,用电子探针可以对它们进行直接分析,而不必把分析物从基体中取出来. (2) 地质和矿物学: 电子探针在地质矿物学中的应用也非常广泛.可用来分析颗粒较细的岩相组成和结构. (3)

其他方面：电子探针常用来研究半导体以及分析空气中的微粒物质。电子探针不损耗样品，所以在考古中也发挥很关键的作用。此外，在生物和医学上也得到广泛应用。

B . 差热分析 差热分析是在程序控制温度下，测量物质与参比物之间的温度差与温度关系的一种技术。差热分析曲线是描述样品与参比物之间的温差 (ΔT) 随温度或时间的变化关系。在 DTA 试验中，样品温度的变化是由于相转变或反应的热效应引起的。

原理：由于试样在加热或冷却过程中产生的热变化而导致试样与参比物间产生温度差，这个温度差由置于两者中的热电偶反映出来。

影响差热分析的主要因素：1. 气氛和压力的选择。2. 升温速率的选择。3. 试样的预处理及用量：一般尽可能减少用量，最多大至毫克。样品的颗粒度在100目-200目左右。4. 参比物的选择：常用 α -三氧化二铝 (Al_2O_3) 或煅烧过的氧化镁 (MgO) 或石英砂作参比物。5. 纸速的选择。

差热分析主要应用于高聚物的研究：1. 测定高聚物的玻璃化转变。2. 高聚物在空气和惰性气体中的受热情况。3. 研究高聚物中单体含量对 T_g 的影响。4. 共聚物结构的研究。5. 研究纤维的拉伸取向。等等。测熔点 测相变温度。

C . XPS (X 射线光电子能谱分析) 电子能谱是近几十年发展起来的一种研究物质表面性质和状态的新兴物理方法，这里的表面指固体最外层的 1-10 个原子的表面层，一般为 1 到几个 nm。

原理：光电子能谱是用 X 射线作激发源，轰出样品中元素的内层电子，并直接测量二次电子的能量，这能量表现为元素内层电子的结合能 E_b ， E_b 随元素而不同，且具有较高的分辨力，可以得到从价电子到 K 壳层的各级电子电离能，有助于了解离子的几何构型和轨道成键特性。其测量原理公式由光电效应得来：

$h\nu = E_b + E_k + E_r$ 。。应用 XPS 可进行：1 化学分析：包括元素的成分分析和定量分析 2 固体表面相研究 3 化合物结构的测定 可用来进行水泥熟料中硅酸钙的水化表面分析分析能谱中 $O1s$ 峰的宽窄变化和峰移动的方向可以判断水化反应的进行与否对其表面 ESCA 测定的 Ca/Si 比值可以分析水化过程及其产物

D 透射电子显微分析 (TEM) 原理：透射电镜是用聚焦电子束作为照明源，均匀照射到试样的某一待观察微小区域上，由于使用对电子束透明的薄膜试样，故绝大部分电子穿透试样，其强度分布与所观察试样区的形貌，组织，结构一一对应。透射出试样的电子经物镜中间镜投影镜的三级磁透镜放大投影在观察图形的荧光屏上，荧光屏把电子强度分布转变为人眼可见的光强分布，于是在光屏上显示出与试样形貌，组织，结构相应的图象。其电子图象的衬度来源于质量衬度，衍射衬度和相位衬度。透射电子显微镜是一种高分辨率（分辨率可达 0.1nm），高放大倍数（80 万倍）的显微镜。很适合观察和分析材料的形貌，结构，晶体中的位错，层错，空位团等晶体缺陷。透射电镜法要求试样厚度仅为 100-200nm，甚至几十 nm 的，对电子束“透明”的试样。试样大致有三种：超细粉末颗粒，用一定方法减薄的材料薄膜，用复型方法将材料表面形貌复制下来的复型膜。

E 扫描电镜 (SEM) 扫描电镜利用聚焦电子束在试样表面逐点扫描成像，试样为块装货粉末颗粒，成像信号可以是二次电子，背散射电子或吸收电子，透射电子、特征 X 射线、俄歇电子，其中二次电子是最重要的成像信号。其工作原理为：由电子枪发射能量为 5 至 35 keV 的电子，以其交叉斑为电子源，经二级聚光镜及物镜的缩小形成具有一定能量一定束流强度和束斑直径的微细电子束，在扫描线圈驱动下，于表面按一定时间，空间顺序作栅网式扫描。聚焦电子与试样相互作用，产生二次电子发射，二次电子发射能量随试样表面形貌而变化。二次电子信号被探测器收集转换成电讯号，经视频放大后输入到显像管栅极，调制与入射电子束同步扫描的显像管亮度，得到反映试样表面形貌的二次电子像。

F 红外光谱 产生机理：连续的红外光与分子相互作用时，若分子中原子间的振动频率恰与红外光波段的某一频率相等就引起共振吸收，使光的透射强度减弱。分子振动对于一定的吸收频率，在红外光谱中就可能出现该频率的谱带，但是，并不是每种振动都对应于一条吸收谱带。红外光谱的产生满足两个条件：1 振动必须引起偶极矩的变化；2 光的频率必须等于振动的频率。特点：A 特征性高，对于每种化合物都有自己的特征红外光谱图，很少有两个不同的化合物具有相同的红外光谱图。B 不受物质的物理状态限制。C 所需测定的样品数量极少。D 操作方便，测定速度快，重复性好。E 已有的标准图谱多，便于查找。应用：A 根据谱的吸收频率的位置、形状判定未知物，并按其吸收强度测定它们的含量；B 可以用于分子结构的研

究，如：测分子的键长、键角大小等等。

9、目前，用于材料的合成与制备有许多新方法，请你列举二种方法并加以较详细说明。

答：(1) **磁控溅射**是上世纪70年代迅速发展起来的新型溅射技术，目前已应用于工业生产，主要用于制备膜。原理：电子在电场的作用下加速飞向基片的过程中与氩原子发生碰撞，电离出大量的氩离子和电子，电子飞向基片。氩离子在电场的作用下加速轰击靶材，溅射出大量的靶材原子，呈中性的靶原子（或分子）沉积在基片上成膜。二次电子在加速飞向基片的过程中受到磁场洛伦兹力的影响，被束缚在靠近靶面的等离子体区域内，该区域内等离子体密度很高，二次电子在磁场的作用下围绕靶面做圆周运动，该电子的运动路径很长，在运动过程中不断的与氩原子发生碰撞电离出大量的氩离子轰击靶材，经多次碰撞后电子的能量逐渐降低，摆脱磁力线的束缚，远离靶材，最终沉积在基片上。

磁控溅射是在阴极靶面上建立了一个环状磁靶以使二次电子跳跃式地沿着环状磁场转圈，离子轰击靶面所产生的二次电子在阴极暗区被电场加速之后飞向阳极。磁控溅射所采用的环形磁场对二次电子的控制更加严密。磁控溅射的优点：与二级溅射相比，其镀膜速率提高了一个数量级，且镀膜时基片温度低、损伤小。磁控溅射的主要缺点：磁控溅射靶的溅射沟槽一旦穿透靶材，就会导致整块靶材报废，以致靶材的利用率低，一般低于40%。

(2) 等离子体辅助化学气相沉积(PECVD)

PECVD是用等离子体技术使反应气体进行化学反应后，在基底上生成固体薄膜的方法。近二三十年来，PECVD法进展相当快，在半导体工业中，这种技术已成为大规模集成电路干式生产工艺中的重要环节。PECVD薄膜反应室主要有平板电容型和无极射频感应线圈式两种。平板型又可分为直流、射频、微波电源三种。PECVD薄膜的性质不仅与沉积方式有关，还取决于沉积工艺参数。这些工艺参数包括：电源功率、反应室几何形状与尺寸、负偏压、离子能量、基材温度、真空泵抽气速率、反应室气体压力以及工作气体的比例等。仔细控制工艺参数，才能得到性能良好的薄膜。与基于热化学的CVD相比，PECVD的优点：沉积温度低，从而基板不发生相变或变形，而且成膜质量高。缺点：沉积表面产生缺陷，薄膜质量有所下降。

(3) **微波烧结** 利用微波电磁场中材料的介质损耗，使陶瓷材料整体加热到烧结温度而实现致密化的方法。由于微波加热利用了陶瓷本身的介电损耗发热，所以陶瓷既是热源，又是被加热体。整个微波装置只有陶瓷制品处于高温，而其余部分仍处于常温状态。可以通过改进电磁场的均匀性、改善材料的介电性能和导热性能、以及采用保温材料保护烧结等方法来保证烧结温度的均匀性，以及解决局部过热问题。微波烧结的应用：已成功制备了ZrO₂或Al₂O₃纳米陶瓷。

(4) **等离子体化学气相沉积法(PCVD)** PCVD是借助等离子体内的高能电子与反应气体原子、分子发生非弹性碰撞使之离解或电离，从而产生大量的沉积组元，如原子、离子或活性基团并输送到基体表面上沉积成膜的。非平衡等离子体激活代替传统的加热激活是PCVD的主要优点，可使基体的沉积温度变较低。由于其沉积温度低，沉积速率快，绕镀性好，设备操作维护简单而广泛用于沉积各种薄膜和超硬膜。此法得到的膜纯度高，致密，形成的结晶定向好，电子工业中广泛用于高纯材料和晶体材料的制备。所涉及的化学反应有：热解反应，氧化还原反应，复合还原反应等。

(5) **溶胶-凝胶法(sol-gel)** 溶胶-凝胶法是指有机或无机化合物经过溶液-溶胶-凝胶而固化。经过热处理而制得氧化物或其它化合物固体的方法。由于溶胶凝胶过程中有着纯度高，均匀性强，处理温度低，反应条件易控制等优点而广泛应用于特殊光学玻璃，特殊薄膜，超细粉，复合材料，光学纤维，生物材料等领域。其主要特点有：1. 可低温合成氧化物，使得制造无法高温加热的制品成为可能；2. 提高材料的均匀性，多成分系溶液是分子级，原子级的混合；3. 可提高生产效率。其可制得的材料主要有：块状材料，纤维材料，涂层和薄膜材料，超细粉末材料及复合材料。所涉及的反应有：1. 溶剂化；2. 水解反应；3. 缩聚反应。

(6) **粉末冶金法制备多孔金属材料技术** 原理：将金属粉末或合金粉与发泡剂粉末混合，压制称密实的金属基体，对其加热。当温度升至金属或合金的熔点以上，发泡剂分解产生的气体压力迫使半熔融状态的金属膨胀，从而在其内形成无数的气孔。冷却这种基体后，即可得泡沫金属。特点：优点，可制备形状复杂零件，生产工艺简单。缺点：成本高，产品尺寸受限。

10、结合你拟报的研究方向，提出一个研究课题并列出如下主要内容：

- 1) 课题名称 2) 提出理由(研究背景) 3) 研究目标 4) 研究内容
5) 研究技术路线

答: 这个看你报的方向 金属材料 研究一下镁合金 用来做笔记本电脑外壳

11、写一份你对硕士研究生阶段学习的展望和计划

12、结合你对材料科学与工程的认识与理解,谈谈报考材料类研究生的理由?

答: (1)首先材料在现代社会中扮演中一个重要的位置。材料、生物、能源三大最受关注学科。材料在国防、航空起着重要作用。例如,航空高性能材料的使用,影响航天飞机的寿命和性能。隐身材料战斗机上的使用。材料也影响了日常的生活,今后高质量高品位的家居有耐于材料的发展,环保健康将是日后发展方向。谈谈材料的作用,因为材料的重要性所以才吸引你。还可以谈谈材料的开发材料的生产可以带来巨大的利润。

(2)可以谈谈材料中一些吸引你的地方。比如在上课时看到关于材料内部组织的照片,别一些非常规整的孪晶现象,和一些拥有各种各样对称轴的晶胞。谈谈材料中也有许多有规律的地方,有许多漂亮的内部结构。等等找一本书看看就行了。或者可以谈谈纳米技术带来的一些奇异的变化。

13、结合自己所选报的专业,谈谈你报考研究生的理由?

14、结合可持续发展的角度,谈谈产业与能源,环境之间的关系

答:长期以来,人们形成了传统的思维模式,即传统产业的“资源开发—生产加工—消费使用—废物丢弃”的材料单向循环模式。这种模式必然造成“资源紧缺—能源浪费—环境污染”的严重后果。这种模式是以追求最大限度发挥材料的性能和功能为出发点的,而对资源环境问题没有足够重视,没有成分考虑材料的环境协调性问题。在全球经济必须可持续发展的今天,必须注意以下几个问题:1,在尽量满足用户对材料性能需求的同时,必须考虑尽可能地节约资源和能源,尽可能地减少对环境的污染,要改变片面追求材料性能的观点。2,在研究设计制备和使用废弃材料是,必须把材料即其产品整个寿命周期对环境的协调性作为重要的评价指标,改变直管设备生产,不顾使用和废弃后资源再利用及环境污染的观点。

材料的可持续发展战略是一多学科多部门联合作用的结果,其核心是建立“生态工业园区”。即建立生态工业系统工程基础,其目标是通过几个行业的协调发展,是一个产业的副产品或肥料成为另一个产业的原料加以利用,从而在一定区域内的资源得到充分或循环使用,使能量资源和信息资源得到充分利用,即实现材料的双向循环。

15 设计一个实验用来制备或加工一种材料并给出现代测试材料组成,结构和性能的测试方法,最少要涉及三种测试方法

答:玻璃工艺过程及性能因素:1 原料和原料选择:原料包括主要原料(石英砂、纯碱,长石和石灰石等)和辅助原料(澄清剂和着色剂,助溶剂)2 原料加工:从块状矿石制得一定粒度的粉状原料,包括煅烧,碎破,筛分,磁选等工艺;3 配合料制备(原料配方,称量,混合);4 玻璃的熔制:它是配合料经过高温加热形成的均匀的,无气泡的并复合成型要求的玻璃液的过程,包括五个阶段(硅酸盐形成,玻璃形成,澄清,均化,冷却);5 玻璃的成型:分为成型和定型两个阶段。方法有涂法、压延法、垂直引上等;6 玻璃的退火和钢化:退火是为了减少或消除在成型或热加工工程中产生的永久应力,提高玻璃使用性能的一种热处理过程;7 玻璃的加工:加工有冷加工和热加工;8 玻璃的表面处理(清洁处理,化学蚀刻,表面镀膜)。

16 材料的显微结构保证包括观察组织的形貌,确定其原子排列方式和分析化学组分,分析方法可按观察形貌的显微镜,测定结构的衍射仪及结构分析成分的各种谱仪进行分类。请按下面要求各提供二种以上的测试手段(16分)

- a) 在微米尺度上进行形貌观察 ; b)在纳米尺度上进行形貌观察 ; c)材料的结构测定 ; d)除传统的分析化学技术外的材料化学成分分析。

17 就具体的测试项目,根据你所学过的现代测试技术,说说有哪些现代测试方法可以测试?挑选最佳的测试方法(是否最精确、最快速、最经济等),并说明理由?

(1)尺寸小于5 μ 的矿物的形貌观察分析;

- (2) 有机材料中化学键的分析鉴定;
 - (3) 多晶材料的物相分析鉴定;
 - (4) 矿物中包裹体或玻璃气泡中物质的鉴定分析;
 - (5) 晶体宏观应力的测定;
 - (6) 镀膜厚度测定;
 - (7) 表面或界面元素化学状态分析;
 - (8) 晶界上杂质的化学成分分析;
 - (9) 晶界条纹或晶体缺陷(如位错、层错等)的观察分析;
 - (10) 粉晶物相的定量分析;
 - (11) 晶胞参数的测定和固溶体含量测定;
 - (12) 晶界杂质的物相分析鉴定;
- (这个是2007年的新题,不过只有4个项目的,我这里另加了8个)