

核科学技术和材料科学与工程

王能明

(四川大学原子核科学技术研究所 成都 610064)

摘要 本文扼要地介绍了材料科学与工程进展的概况以及核科学技术在材料科学与工程中的应用。

关键词 核科学技术, 材料科学与工程, 表面化学与束流固体相互作用, 相变动力学缺陷, 固态离子学, 分形几何, 计算机断层扫描微成像。

1 材料科学与工程进展的概况

美国国家科学院材料科学与工程调查委员会在1974年的调查总结报告中给材料科学与工程下的定义是：“材料科学与工程是同材料的性质和用途有关的材料的成分、结构及加工知识的产生与应用”。其它的定义是根据材料的结构、特性、行为和它们之间的相互作用来作的。材料的定义是：“材料是具有特性的物质，可将它们用于机器、设备、器件和产品中”。更广泛的定义是：“材料是被人分离、引入或利用其功能特性的任何物质”。材料科学与工程在本世纪四十年代曾受原子能利用的刺激而快速发展。此后，集成电路、激光、光纤、宇航和超导材料以及各种各样新材料相继问世，二战以来诞生的新材料超过了以后所有世纪的总和。从加工技术来看人们掌握了接近原子规模的加工技巧（离子、电子和激光刻蚀的纳米规模加工）。材料具有高度的经济杠杆作用，新材料的应用可导致老产业的衰退和新产业的诞生。许多高新技术常常受到材料的限制，要求研制具有特殊性能的新材料。因此，材料科学与工程充当着一种启动技术(Enabling Technology)，除具有重大的科学价值外还具有巨大的经济效益。日本政府在八十年代将材料研究与发展纳入政府规划，研制高性能陶瓷，新分离技术的合成膜，具有高电导率的聚合物材料，强工程塑料，具有可控结晶结构的高级合金与复合材料，超晶格器件，三维集

成线路，以及用于广泛温度范围和高辐射通量下的集成线路。有人称1990年的海湾战争为高科技战争，其中大量利用了日本研制的先进的超大规模集成线路。当前，结构与结构特性研究是材料科学与工程的发展中心。来自化学，生物学，生化学科对新材料的研究，正成为材料科学与工程的研究前沿。材料科学与工程中的各学科与子学科如冶金学、陶瓷学、聚合物科学和凝聚态物质科学既保存各自的特点又有广泛的交叉与网络。材料科学与工程还涉及材料经济学、材料政策、资源消耗与保护、能源消耗和环境污染与保护等社会经济问题。因此，对材料的评价和选择，其性能并不是唯一的标准，材料在加工和制造中的行为往往是决定性因素。由于材料科学与工程的迅速发展及其重要性，已编辑出版了材料科学与工程百科全书(八卷)，其中包括核科学技术在内的多学科技术知识内容。材料科学与工程已被誉为现代三大科学技术支柱之一。

1.1 根据对分法所作的材料分类

天然材料：粗材料，分离材料，无机材料，原材料，不可再生资源材料，结构材料，传统材料。

人造材料：工程材料，合成材料，有机材料，二次材料，可再生资源材料，非结构材料，新材料。

1.2 百科全书中所作的材料分类

材料的性质：金属与合金，陶瓷，玻璃，其它无机材料，聚合物，弹胶体，纤

维, 复合材料, 木材, 纸与纸板, 其它生物来源材料。

材料的应用: 工业矿物, 电气材料, 电子材料, 超导材料, 核材料, 其它能源应用材料, 磁性材料, 光学材料, 生物医学材料, 牙齿材料, 建筑材料。

1.3 感兴趣材料的非机械特性

技术领域: 电力, 核能, 太阳能, 通讯, 大规模生产, 医学, 牙科学,

感兴趣的特性: 电、磁特性, 核性质, 光电特性、热转换特性, 电气、电子学、光学特性, 加工行为, 生物相容性。

1.4 八十年代中期特别感兴趣的有关材料

高纯材料, 具有精细控制化学成分的材料, 非平衡材料 (如快速固化材料), 高强度低合金钢, 超合金, 超塑金属, 可延展的金属互化物, 结构陶瓷, 变形韧化陶瓷, 导电陶瓷, 纤维素和橡皮衍生物, 导电聚合物, 超聚合物、超弱固体和聚集体, 高温复合物, 合成无机材料, 催化剂, 超离子导体, 非晶半导体, 具有高迁移率和高能隙的半导体, 很大规模集成电路, 非线性光学材料, 交叉耦合材料、电光、声光、机电材料, 平版印刷聚合物, 超导材料, 无宏观缺陷水泥, 玻璃纤维增强混凝土, 用于发展中国家的建筑和低技术材料。

1.5 八十年代中极感兴趣的有关材料现象

表面和界面, 薄膜, 亚微米结构物理学, 材料分形状况, 陶瓷形变, 减少维数: 2-D、1-D 行为, 外延与异质外延, 活组织与注入物之间的相互作用, 光电子现象。

1.6 八十年代中极感兴趣的有关材料加工

相图的预期, 材料的预制, 合成物的新处理, 材料表征的先进技术, 集成材料的预制与表征, 等离子体加工, 金属的直接铸造, 金属的连续加工, 热等压压缩, 陶瓷联结, 玻璃溶液/凝胶加工, 激光辐照, 离子注入和离子束加工, 磁光记录(信息贮存), 光子学, 电子材料的低温加工, 离子注入后的快速退火, 接近零引力条件下的加工。

2 核科学技术在材料科学与工程中的应用

美国材料研究学会在 1990 年和 1991 年各召开了两次学术讨论会。在 1990 年秋季波士顿召开的会议上, 对材料科学与工程共划分了二十多个专题讨论会, 其中涉及了大量核科学技术在材料科学与工程中的应用问题, 现扼要规纳介绍如下:

表面化学和束流固体相互作用: 利用高能离子、光子、电子和快分子束做表面和薄膜改性; 研究表面改性在物理、化学和材料科学中的基本问题, 束流引发的化学反应和物理过程, 以及束流在沉积、蚀刻、集成电路图案形成和薄膜改性中的应用。具体课题包括: 在外延过程中的离子束表面相互作用; 低能和高能离子混合; 束流引发离解化学吸附; 束流固体相互作用与表面化学基础; 反应离子蚀刻, 聚焦束流作集成电路图案, 离子束, 离子束辅助与中性束沉积; 离子束引发晶化和外延生长; 离子束混合和亚稳相形成; 表面改性的现场光子、电子和离子束诊断。

层结构的电子学、光学和器件研究: 光学探针包括非线性响应、时间分辨研究和散射; 输运研究包括隧道、非弹过程和磁场效应; 反冲离子渗杂和梯度结构研究。

薄膜表面微结构的进展: 离子束轰击对微结构变化影响, 利用离子、电子和光子束使微结构变化改性; 在表面和界面成核; 表面的高分辨率电子显微术研究。

相变动力学: 离子束引发相变动力学; 离子束引发损伤、无序和扩散转变的热力学与动力学; 辐照期间相变; 分辨时间测量。

集团和集团集合材料研究: 集团与集团衍生材料理论、结构表征; 在表面上的集团; 集团束流沉积。

表面和薄膜衍射的进展: 反射高能电子衍射做半导体结构分析; 反射高能电子衍射强度多重散射分析; 半导体表面和界面的

X 射线散射; 用会聚束电子衍射测定结构; 表面和界面的透射电子衍射; X 射线反射计和掠射衍射技术, X 射线, 原子以及电子衍射的外延研究.

材料中的缺陷研究: 微结构和化学表征, 透射电子显微术; X 射线与中子衍射; 离子散射; 扫描隧道显微术; 低能电子衍射和俄歇; 次级离子质谱; 光栅电子显微术; 电学、光学和磁性表征, 电子束感生电流显微术; 深能级瞬态谱; 阴极发光; 核磁共振; 扫描隧道显微术; 蒙特卡诺法以及量子分子动力学的应用.

固态离子学: 现场 X 射线衍射与扩展的 X 射线吸收精细结构; 固态核磁共振; X 射线光电子谱; 离子光谱; 次级离子质谱; 透射电子显微术和扫描透射电子显微术; 固体中的离子输运理论.

核废料处理的科学基础: 核废料表征和退化机制; 玻璃, 陶瓷, 水泥废料形式的表征与退化机制; 容器材料的腐蚀机制; 回填与缓冲材料的性质; 放射性核素种类形成, 吸附与输运; 放射性核素迁移的领域研究.

玻璃质聚合物的结构, 弛豫与物理老化: 伴随物理老化的结构变化; 自由体积分布研究, 用蒙特卡诺法或分子动力学模拟非

晶聚合物; 实验技术包括核磁共振, 中子小角散射, X 射线小角散射, 正电子湮灭.

无序材料定标: 计算机断层扫描成象; 分形几何结构探针, 散射, 吸收, 扫描隧道显微术, 原子荧光显微术及电子显微术.

纳米结构, 加工与物理学: 半导体结构中的基本问题与量子尺寸效应; 电子, X 射线和离子束制版术; 在小结构上的扫描隧道显微术加工与测量; 纳米结构的光学、电子与磁性; 材料与加工的物理限制.

材料分析用的先进的断层扫描成象方法: 高分辨率同步辐射加速器 X 射线计算机断层扫描微成象研究; 核磁共振成象与固态核磁共振成象; 中子、同位素计算机断层扫描成象; X 射线, 三维 X 射线扫描成象; 以及超声, 电子显微术, 热和激光电子计算机断层扫描成象研究.

综上所述, 基于材料科学与工程的飞速发展, 在科学技术与经济上的重要性, 以及它和多学科, 交叉学科协作的特点, 对于核科学技术工作者来说, 可利用加速器, 反应堆, 核探测, 核分析, 以及计算技术等多学科技术与材料科学与工程科技工作者密切合作, 彼此促进, 对材料科学与工程的基础研究与应用开发工作会大有作为的.

Nuclear Science and Technology & Material Science and Engineering

Wang Nengming

(Institute of Nuclear Science and Technology of Sichuan University, Chengdu 610064)

Abstract The general aspects of materials science and engineering progress, the applications of nuclear science and technology in material science and engineering are briefly introduced in this paper.

Key Words nuclear science and technology, material science and engineering, surface chemistry and beam-solid interactions, kinetics of phase transformation, defect, solid state ionics, fractal geometry, microtomography.