

可控的液-固相变是金属材料制备与成型加工的核心技术之一,也是功能晶体生长的重要途径,其内容涉及熔体结构相变及其形核行为、熔体中的晶体生长过程与形态演变、结晶界面的溶质分凝及由此引起的扩散或成分偏析、多相组织的形成过程及其规律、非平衡液固相变及非平衡组织的形成和材料微观及宏观结构缺陷的形成等。上述问题对于不同材料的制备、合成、成型、加工既有共性原理,又存在着复杂的变化。

潜心耕耘液固相变 晶体金属莲开并蒂

——凝固与晶体生长分论坛侧记

文 / 西北工业大学 程渊博 于 晖

2020年11月1日,“2020新材料国际发展趋势高层论坛——凝固与晶体生长分论坛”在西安顺利召开。分论坛由西北工业大学、天津理工大学和《中国材料进展》杂志社联合承办,邀请了14位国内功能晶体生长和金属材料制备与成型加工领域的专家,就近年来液固相变过程控制新原理、新方法、新技术、基于液固相变控制的金属材料制备和加工技术以及基于液固相变的功能晶体生长方法与技术等展开交流和研讨,以期推动该领域的科学研究和工程技术发展。介万奇教授、胡章贵教授、王强教授和苏彦庆教授担任主持人。



功能晶体生长

天津理工大学胡章贵教授在报告中指出紫外激光具有波长短、热效应小、聚集性好等优点,在原子和分子的高激发态和分子化学动力学等基础研究方面具有重要意义。他着重介绍了目前被工业界广泛使用的BBO、LBO、CLBO等紫外非线性光学晶体以及BABF晶体组成、结构、生长与紫外激光性能之间的关系。

山东大学陶绪堂教授介绍了功能有机晶体生长方法领域的研究,从揭示分子晶体成核、生长与相变过程的微观机制出发,开发了新的原位、实时分子结晶过程研究方法,提出了微距升华低维半导体晶体、恒温控速反溶剂大尺寸单晶、创新熔体法生长大尺寸有机掺杂单晶等晶体生长方法和设备,基于这些原创方法和设备,生长的部分有机单晶创造了最大尺寸、最高质量等记录。

山东大学薛冬峰教授从实验和理论两个方面梳理了材料结晶过程的多尺度控制研究,指出材料的结晶包括成核和生长两个连续过程,其中蕴含的多尺度问题是其科学本质。从原子、分子尺度到界面水平上的键合特性研究,可获得利于跨尺度问题处理的计算、模拟与观测结果,从而高效地控制功能材料的结晶过程。

西北工业大学王涛教授介绍了核辐射探测用碲锌镉晶体生长研究进展。采用有限元分析法对多组元传质过程进行模拟,获得3种组分扩散过程中组元相互作用的规律,介绍了引入强制对流对溶质传输、界面形状等的影响。将晶体生长全局模拟应用到CZT晶体生长制备过程,率先实现了2英寸全单晶和4英寸晶体的制备,以此制备的器件成功应用于核仪器仪表和辐射成像等领域。

分论坛秘书长胡章贵教授寄语:非线性光学晶体是我国为数不多的在国际上公认处于领先地位的研究领域,根植中国,形成了完整的学科体系和材料体系,成为不受制于人而反制别人的成功范例。要以巩固和扩大我国在非线性光学晶体研究的国际领先地位为目标,努力把晶体材料研究优势扩展到器件乃至激光系统。

金属材料制备和加工

合肥工业大学祖方道教授 从熔体状态改变的视角研究了“液-固相关性”，发现了“温度诱导液-液结构转变”物理现象，概述了其金属熔体结构与性质改变的研究进展，总结了金属熔体状态改变对凝固行为及组织影响的相关现象与规律。

基于亚快速凝固Al-Mg-Si-Fe合金的凝固行为、微观组织演化及力学性能响应，**吉林大学王慧远教授** 介绍了优化出的适合亚快速凝固的高性能铝合金成分体系，研究了冷却速度对溶质分布与偏析行为的影响规律，揭示了亚快速凝固下多元溶质竞争捕获机制和Si促进Fe在铝熔体中的扩散机制，为基于亚快速凝固的高性能Al-Mg-Si合金设计与短流程制备提供了依据。

山东大学刘相法教授 介绍了抗中毒TCB晶种合金及其应用技术研究，从铝熔体结构演变与TiC_x空位掺杂调控角度出发，研制出抗中毒TiCB-Al晶种合金，在高性能铝合金汽车零部件和5G基站压铸件制造业领域获得广泛应用。



储双杰教授

宝山钢铁股份有限公司储双杰教授 介绍了超低铁损取向硅钢制造与应用技术开发工作，提出以复合抑制剂体系和组织组织优化匹配为标志的新技术路径，构建了完备的制造工艺体系，开发了特高压工况下的使用技术，实现了超低铁损取向硅钢的批量制造与广泛应用。

哈尔滨工业大学苏彦庆教授 介绍了采用液态氢化方法制备的(TiB+TiC)/Ti-6Al-4V复合材料的相关进展，指出增强相分布随氢含量上升由均匀弥散分布转变为近似网状分布，氢化使TiB长径比变大、TiC颗粒尺寸变大。

大连理工大学王同敏教授 介绍了合金凝固过程晶体生长多维演化研究，利用同步辐射原位成像技术开展合金凝固晶体生长方面的研究，阐明了电磁场作用下的二维凝固枝晶晶体生长演化行为、金属复层的界面组织演化以及镁合金的三维凝固枝晶动态演化工作。

上海交通大学李金富教授 介绍了过冷共晶合金初生相重熔过程的研究，对过冷共晶合金快速凝固阶段初生固相的重熔情况进行理论分析，提出反常共晶形成源于初生固相重熔的理论。

西安建筑科技大学王文教授 介绍了铸态合金搅拌摩擦加工技术在镁合金、铜合金和铝合金等铸态合金组织改性、细晶材料制备和增材制造等方面的应用和最新研究进展。



李金富教授

东北大学王强教授 介绍了强磁场下金属熔体的润湿行为，指出强磁场对材料制备过程表现出强大的调控能力。将座滴法与强磁场技术相结合，开发出强磁场下高温金属熔体接触角测量系统，在强磁场条件下测量出典型金属熔体同固体材料间的接触角数据，研究了强磁场对金属熔体润湿行为的影响。

上海大学王江教授 介绍了磁场下合金凝固中的热电磁力作用机理，研究了Al-Cu合金在静磁场中的定向凝固行为，运用同步辐射技术直接观察磁场下合金定向凝固过程中热电磁对流和枝晶臂的断裂过程。基于热电磁力效应，建立了凝固中热电磁流体力学模型，阐明了热电磁对流与宏观成分分布的关系，发现热电磁力增加固相中位错进而提高其固溶度和扩散能力的新效应。

