

群策群力谋发展 继往开来展宏图

——功能晶体材料与晶体生长分论坛侧记

文/西北工业大学 程渊博 于晖

功能晶体材料是光电功能材料的主体，经历了从天然晶体到人工晶体、从体块晶体到薄膜、从自组装到人工微结构、从大晶体到微纳米晶体制备的发展历程。通过精确的成分设计和精细的结构控制获得具有特殊的物理、化学、力学，乃至生物学的性能，已成为微电子、光电子等现代科学技术发展的基础材料和核心技术。功能晶体材料通过晶体生长技术获得，20世纪50年代以来，以单晶硅为代表的半导体材料的发展推动了晶体生长理论研究和技术的发展。近年来电子材料、光电子材料、非线性光学材料、超导材料、铁电材料、金属单晶材料的发展引出一系列理论问题，并对晶体生长技术提出了越来越复杂的要求，推动了人工晶体生长技术的快速发展。我国在功能晶体材料及晶体生长技术领域的研究工作发展迅速，取得许多国际先进乃至领先水平的研究成果。

2019年9月26日，“2019新材料国际发展趋势高层论坛（IFAM2019）”中首次设置的“功能晶体材料与晶体生长分论坛”在武汉国际会议中心成功举办。分论坛由西北工业大学、天津理工大学、山东大学、中国科学院上海硅酸盐研究所、中国科学院福建物质结构研究所、中国科学院新疆理化技术研究所和《中国材料进展》杂志社承办，共邀请了14位国内功能晶体材料和晶体生长领域的高校和研究所的专家作了本领域最前沿的学术报告。本论坛由介万奇教授、陶绪堂教授以及于浩海教授、苏良碧研究员主持。

激光与非线性光学晶体

山东大学王继扬教授介绍了高质量RECOB系列晶体的生长方法，提出了寻找最大有效非线性系数的创新思维。通过优化设计及10W级钕离子掺杂热管理技术，利用四场耦合，拓展波长达到半导体激光管的黄光区。天津理工大学胡章贵教授基于阴离子基团理论，在硼酸盐体系中发现具有 B_3O_7 基团的LBO、CBO和CLBO系列非线性光学晶体。介绍了采用助溶剂生长体系，得到低粘度、低挥发和高稳定性的LBO晶体；通过Al掺杂解决了CLBO晶体易潮解的问题，并生长得到超大尺寸晶体。中国科学院福建物质结构研究所叶宁研究员分享了新型非线性光学晶体的探索和新材料设计的思路。通过调节金属硝酸盐的pH值，得到倍频系数较高的非线性光学晶体。将探索体系由无机共轭体系拓展到有机共轭体系，得到多种氰尿酸盐体系新材料。山东大学于浩海教授介绍了蓝光半导体直接泵浦掺镨激光晶体及器件的相关研究，提出了“三套准则”：镨离子掺杂可见波段激光晶体筛选准则、可见波段调Q光开关材料的筛选准则和可见波段超短锁模脉冲元件筛选准则。中国科学院新疆理化技术研究所张方方研究员指出，深紫外非线性光学晶体设计的关键科学问题是实现带隙-倍频-双折射率三要素平衡。报告介绍了“通过增大轨道间杂化作用或降低电荷转移能”提高非线性光学效应、人工蜂群算法结合DFT进行材料结构预测的设计策略，以及氟化硼酸盐系列晶体结构、性质、生长及应用之间的关系规律。中国科学院上海硅酸盐研究所苏良碧研究员利用稀土离子掺杂 CaF_2 、 SrF_2 晶体中自聚集效应，在低浓度下实现高效率的中红外激光输出，实现了长期以来中红外激光晶体必须高浓度掺杂的现状。发展了一种高通量制备单晶光纤的方法，高效率获得激光。中国科学院理化技术研究所林哲帅研究员介绍了基于功能基元探索高性能非线性光学晶体，发现NLO晶体是一种重要的功能材料，建立了基于第一性原理的大规模计算搜索筛选系统。



半导体晶体

西北工业大学介万奇教授介绍了晶体生长过程的控制和数值模拟。通过改进的常压熔体定向凝固，可以生长得到大尺寸高质量的晶体。晶体结晶质量严重制约着晶体探测性能，通过调控不同元素分压及后续退火工艺，得到探测器级单晶体。对线阵探测器电场进行模拟优化，得到Narrow Guarding结构，开发出单元、线阵和面阵探测器。山东大学陶绪堂教授介绍了电阻率可控稳定性好的大尺寸 β - Ga_2O_3 单晶体的近平界面快速高效生长，并分析其光学热学各向异性。研究发现，Ti掺杂“日盲”探测器具有较高开关比和较小上升时间，制备的肖特基二极管理想因子达到1.1，处于领先水平。华南理工大学李国强教授指出我国自主核心芯片技术的重大发展意义。分析了第三代半导体材料及芯片的优异性能、发展瓶颈及硅基芯片的战略意义和技术难点。吉林大学姚明光教授利用高压，以低维碳为构筑单元，获得长程有序非晶碳簇结构、V碳等新型碳材料。利用高压原位光谱方法实现高压原位压缩强度的测量，发现了单轴应力驱动的新结构相变。湖北大学何云斌教授介绍了氧化物半导体薄膜的外延法生长和厚度依赖属性。



铁电晶体

中国科学院上海硅酸盐研究所罗豪魁研究员提出偶极缺陷模型，阐明了PMNT晶体介电性能的调控机理，通过交流极化，大幅度提高 d_{33} ，最高达到4635pC/N。相较于传统PZT铁电陶瓷，弛豫铁电单晶根据自身特点进行材料和结构优化可制备出高性能器件。清华大学李强教授介绍了PLZST反铁电单晶的相变和畴结构，在正交相中获得了增强的负电热反应，在四方相中观察到相变畴记忆效应，实现薄膜、陶瓷和体单晶之间的衔接。



介万奇教授

这次会议具有专业性、高水平、年轻化的特征，有很多新的东西、新的思路值得我们学习。这是高层论坛首次设置“功能晶体材料与晶体生长分论坛”，我们设立这样一个分论坛，通过这样一个材料大家庭的盛会，让我们和广大材料届的同行结合得更加紧密。从晶体到器件是一个很复杂的过程，通过与大家广泛的交流，探讨新的晶体、新的思路，实现学科交叉，让更多的晶体在更多的领域实现应用，引领晶体材料向前发展。

——分论坛秘书长介万奇教授



王继扬教授

晶体生长作为材料中的一个分支，我们还有很多工作要做，我们要继续推动、解决面临的深层次问题，实实在在从应用出发，为将来的发展指出方向。最后，勉励年轻一辈以学术为重，不管遇到多大的难题，都要携手共渡。希望今后在年轻一辈的带领下，晶体生长事业长青。

——分论坛秘书长王继扬教授

2019 IFAM