

多学科交叉前沿开辟材料学发展新方向

——超材料分论坛侧记

文 / 清华大学 孙竞博

2020年11月1日,“2020新材料国际发展趋势高层论坛——超材料分论坛”在古都西安拉开帷幕。本次“超材料分论坛”是继2019年之后,第3次在“新材料国际发展趋势高层论坛”上举办。周济院士、徐卓教授、陈延峰教授、彭华新教授和范润华教授作为论坛主席。邀请的13位报告人均来自国内超材料及相关领域的知名课题组,代表了本领域国内研究的高水平。报告内容既包括电磁超材料、声学、力学超材料、光/声子晶体、超表面的研究;也包括基于超材料的超透镜、电磁隐身、表面波等应用方面的报告;同时还涵盖了与超材料相关的3D打印技术、超构复合材料等相关领域多个方面的前沿进展。本次超材料分论坛的召开,提供了一个分享国内外超材料领域最新发展、进一步促进国内高校和科研院所之间交流合作的平台。论坛现场报告精彩纷呈,讨论交流十分热烈,学术气氛浓厚,与会代表纷纷表示收获颇多。

中国工程院院士周济教授在开幕式致辞中首先回顾了超材料的发展历程,并指出,超材料这一概念在提出之初,主要是由国外从事物理、信息等领域的科学家开展,经过20年的发展,超材料已经成长为涉及电磁学、光学、热学、力学、声学等多学科交叉的前沿新材料学科,也逐渐得到了主流材料学界的认可。本次超材料分论坛是第3次在IFAM新材料国际发展趋势高层论坛上举办,这也是主流材料学界对超材料这一新兴领域的一种认同。



精彩报告

浙江大学严密教授介绍了木质基碳复合材料电磁响应特性的研究。从具有天然周期性结构的木质基碳材料出发,发现其各向异性的电磁波响应可分别实现吸波与电磁屏蔽的特性。通过进一步对这种木质基碳超材料进行原子、纳米尺度的掺杂,还可以提升其微波吸收与屏蔽特性。



天津大学田震教授介绍了太赫兹波段的微纳器件及其应用。通过研究太赫兹波与材料、器件相互作用的物理机理,开发了金属基超表面、介质基超表面以及基于石墨烯的太赫兹波主动控制器件等多种可用于太赫兹系统的实用器件。并探索了该系列器件在太赫兹传感和成像方面的应用。



清华大学周济院士课题组孙竞博副教授介绍了其团队开展的有关 Dyakonov 表面波方面的研究。Dyakonov 表面波具有低损耗、高定向性,但由于天然材料的介电属性的限制而没有得到广泛研究。利用双曲超材料的强各向异性,不但使这种表面波易耦合、易观测,还得到了很多新奇的物理现象,为下一代低维光路集成提供了新思路。





南京大学陈延峰课题组张秀娟副研究员介绍了光/声子晶体中的高阶拓扑相这一特殊物理现象，包括：全介质的二维高阶拓扑光子晶体；空气声系统中不同维度的拓扑相变以及基于该机理的二阶拓扑绝缘体；设计并构造了三维声学高阶拓扑绝缘体等。这些研究为实现拓扑材料集成化提供了潜在指导。

西安交通大学王兆宏教授介绍了一种压缩波模量远大于剪切模量的五模式声学超材料。其独特的物理性质在减震降噪、声隐身、声通信等领域有着广泛的应用。

上海理工大学臧小飞教授介绍了他们在太赫兹波段利用超表面对光的偏振调制研究，该研究可实现亚波长高分辨成像；此外，还发展了自旋退耦合的太赫兹几何超构表面透镜，实现了偏振可控的多焦点超表面透镜和纵向高宽容性成像的超表面透镜、自旋霍尔超透表面透镜等。

山东大学范润华课题组刘晓副教授介绍了有关超构复合材料的一些思考。他们以金属/介质逾渗复合材料体系为切入点，利用近逾渗区的非线性突变，设计并制备了具有低电导率、高传输损耗特性的复合材料，并以该类材料作为功能单元构筑“近逾渗型”超材料；结合电磁仿真设计，研究并阐明了复合材料功能单元的物性和构型对超材料电磁响应的影响规律和作用机理；探明了利用复合材料功能单元调控超材料性能的设计原则，建立了基于逾渗体系的超材料性能设计及调控的理论框架。

西北工业大学孔杰教授介绍了可用于陶瓷超构材料3D打印的光敏型陶瓷前驱体聚合物的研究。这种前驱体可通过数字光处理3D打印直接用于超构材料的制备。

西安电子科技大学李龙教授通过在超表面上集成PIN管获得了频空可重构二维超表面。这种超表面可以对光的传播方向、偏振态、轨道角动量等进行实时调制。

西安交通大学庞永强副教授报告了多功能吸波材料、带外隐身透波材料、雷达/红外兼隐身材料、动态可调电磁表面，以及隐身超材料与高性能复合材料的融合设计等方面的研究。

空军工程大学屈绍波课题组王甲富教授从电动力学和电介质物理的角度出发，介绍了电磁超材料设计的基本原理，梳理了电磁超材料的发展历史脉络，总结了目前本领域的研究现状与发展趋势。进而对他们在电磁超材料隐身、天线及天线罩等方面的应用进行了介绍。

西北工业大学张富利教授通过对多种金属/全介质/介电金属杂化微结构的耦合模式的研究，探索了高Q谐振、电磁隐身、类电磁感应透明、非线性、环磁偶极、慢光等多种新颖物理效应。此外，还针对传统超构材料不可调控的缺点，发展了基于力、电和温度控制的多物理场动态人工调制微结构，对开发新型电磁功能器件具有重要意义。

南京大学王黎明副教授报道了团队在超构透镜成像方面取得的研究成果，包括消色差、相位分离以及与光谱相结合进行材质、色差分析等，进一步推动了超构透镜的实用化。