

论坛五十. 电子材料与微系统

分会主席：徐卓、周益春、王晓慧、董蜀湘、吕文中

单元 50-1: 10 月 9 日下午

主持人：董蜀湘，吕文中

地点：S1-03

13:30-14:00 A50-01

“产学研”实干落地，推动温州光电材料产业发展

吕文中

华中科技大学温州先进制造技术研究院

摘要：“产学研结合”是推动科技创新、提升国民经济实力的重要举措。我国各级政府和诸多高校也在努力探索“产学研”的有效路径。本文详细介绍了温州及瓯海区政府与华中科技大学在高能级平台建设方面的合作案例，通过政策链、资金链、创新链、人才链的多维度扶持，使得太阳能电池浆料、LTCC 微波介质材料、射频滤波器与微波天线、短波红外成像芯片、压电微纳致动器等项目落地温州，并在产业化方面取得初步成效。同时，论文也对目前“产学研”创新合作中存在的困难进行了分析。温州市的这种多维度科技创新扶持模式，有望对其它地方政府的科技创新工作提供借鉴。

14:00-14:30 A50-02

基于半导体氧化物低维纳米结构的高性能室温氢气传感器研究

王钊^{1,2}，胡永明^{1,2}，顾豪爽^{1,2*}

1. 湖北大学 微电子学院

2. 湖北大学 微纳电子材料与器件湖北省重点实验室

摘要：半导体氧化物低维纳米结构是开发高性能室温气敏传感器的理想载体，其中存在数量众多且种类丰富的界面结构，为开展传感器综合性能调控提供了丰富的途径。本文以 MoO_3 、 SnO_2 等半导体低维纳米结构为主体，系统分析了金-半界面、同质界面和异质界面等对材料室温氢敏特性的影响。结果表明，Pt 等贵金属纳米颗粒表面修饰的化学增敏效应可显著提升主体材料的表面气-固反应活性，但会引起部分体系在含氢气氛中的不可逆还原而使传感器失效。通过定向排列等方式能有效抑制纳米线同质界面对气敏响应的影响，从而显著提速敏感层中的电荷输运与吸附态扩散，降低传感器的室温响应、恢复时间。此外，利用 $\text{SnO}_2/\text{MoS}_2$ 等复合材料构建的异质体系中， SnO_2 修饰层的电子增敏效应与异质结引入的沟道调制效应相互竞争，通过调控 SnO_2 组分比可实现体系氢敏响应行为的 n 型增强或反型调控。综上，利用半导体低维纳米材料的界面工程，可增强敏感层的表面气-固反应活性及其电荷、物质输运效率，并利用界面能带结构调制实现对传感行为的有效调控。

14:30-15:00 A50-03

(K,Na)NbO₃ 基无铅压电薄膜的制备及物性调控研究

陈峰

中国科学院合肥物质科学院研究院

摘要：环保型(K,Na)NbO₃ (KNN)基铁电材料在现代电子应用中备受追捧，长期以来一直被认为是替代铅基(Pb,Zr)TiO₃ 材料的有力候选者，但大多数 KNN 基薄膜材料缺乏大残余极化和良好的热稳定性。我们的研究表明 KNN 薄膜的结构和电学性质主要取决于靶材和缓冲底层的组成。在 LaAlO₃(001)为衬底，以透明导电氧化物电极 La_{0.03}Ba_{0.97}SnO₃ 为下电极上外延 2wt %MnO₂ 添加的

(K_{0.49}Na_{0.49}Li_{0.49}Li_{0.02})(Ta_{0.2}Nb_{0.8})O₃ (KNNLT-M)薄膜表现出异常的晶格演变，随着氧压 P(O₂)的增加而增加(减少)，这与其他典型的钙钛矿薄膜不同。有趣的是，在 La_{0.07}Sr_{0.93}SnO₃ 上生长的 KNNLT-M 薄膜和生长在 La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ 衬底上的 CaZrO₃ 掺杂 KNNLT-M 薄膜均表现出特殊的纳米复合结构，TEM 结果表明其中 Mn 占据了 A 位，这些薄膜具有饱和的 P-E 回线并表现出优异的铁电性，具有 64.91 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 的剩余极化，铁电性在-196 至 300°C 范围内具有优异的热稳定性，居里温度高达 400°C。其优异的性能可归因于薄膜中密集排列的自组装纳米柱(直径约 10 nm)，可以在垂直方向提高其正交比。这些研究结果有助于新型无铅铁电薄膜的设计，促进其在微电子器件中的潜在应用。

15:00-15:20 A50-04

基于低维半导体气体传感器的电子鼻系统及其应用

李龙¹，李天坤¹，李华曜^{1,2}，刘欢^{1,2}，吕文中^{1,2}

1. 华中科技大学温州先进制造技术研究院

2. 华中科技大学

摘要：面向环境监测、智能医疗等人工智能新兴领域对人工嗅觉系统的迫切需求，通过研究生物嗅觉系统对气体(气味)信息感知、处理、识别机理，利用低维纳米复合材料气敏特性的多样性、可操控性和再现性，对生物嗅觉感受器进行结构模拟和功能模拟。设计并构建特异性传感器阵列、结合深度学习算法研制能够实时快速、客观准确提供气味/气体信息的新型感知系统——电子鼻系统，通过对生物嗅觉的认识、模仿和改良，实现人工智能在嗅觉领域的突破，提升和拓展人类获取气体信息的能力。

15:20-15:40 茶歇

15:40-16:10 A50-05

微波介质陶瓷产业化探索

周焕福

桂林理工大学 材料科学与工程学院

摘要：微波介质陶瓷是谐振器、滤波器、天线等电子元器件的关键材料，广泛应用于汽车电子、移动通讯、航空航天以及微机电系统等领域。目前我国商用的微波介质陶瓷大多被国外垄断，严重阻碍了我国电子工业的发展。为了解决这一国家关键材料制备的“卡脖子”技术难题，国内各大高校进行了大量探索，成果制备出了一系列性能优异的微波介质陶瓷材料配方，但是能成功实现产业化的配方较少，究其原因就是中间缺少器件生产厂商，从而导致材料的产业化周期延长。本课题通过与国内知名的微波元器件生产厂商合作，开展了 K7、K26 和 K60 低温共烧 LTCC 微波介质材料，以及 K20、K36 和 K45 三种低损耗、高温稳定性好的微波介质陶瓷的产业化探索，通过器件需求牵引，极大地缩短材料产业化周期，为其他微波介质陶瓷材料的产业化应用提供了一种新路径。

16:10-16:40 A50-06

大尺寸高品质晶圆级铁电压电薄膜的溶胶凝胶法制备及

MEMS 应用

彭彪林

西安电子科技大学 先进材料与纳米科技学院

摘要: 首先将介绍溶胶凝胶法制备晶圆级大尺寸铁电/压电薄膜的优势及其在 MEMS 领域的应用, 具体包括 MEMS 扬声器、相控阵雷达移相器、超声波雷达、压电执行器/传感器/换能器、热释电非制冷红外成像、压电触觉、固态制冷、打印机喷头、电光/光电调制器等; 随后将介绍我们在该技术上的核心竞争力以及与国内外同类产品的优势所在; 进一步介绍我们在该技术的产业化进展情况。

16:40-17:10 A50-07
压电陶瓷材料、器件及应用
褚祥诚

1. 清华大学 材料学院,
2. 清华大学 新型陶瓷与精细工艺国家重点实验室

摘要: 介绍课题组多年来围绕高性能压电陶瓷材料、压电陶瓷元件可靠性和服役行为、压电材料在超声波电机、超精密定位、高速点胶封装、3D 打印、手机移动端应用、Mini LED 芯片巨量转移等领域的应用前景和发展趋势。

17:10-17:40 A50-08
铁电陶瓷的放电等离子烧结研究
谭划¹, 张海波¹, David Salamon²

1. 华中科技大学 材料科学与工程学院
2. Central European Institute of Technology (CEITEC)
Brno University of Technology

摘要: 铁电陶瓷作为一种重要的电子功能材料被广泛应用于各种电子元器件中, 例如: 振动传感器, 超声换能器, 致动器, 电容器等。铁电陶瓷材料的高致密度是所有应用中都在不断追求的目标, 特别是在陶瓷成分日益复杂的今天。放电等离子烧结作为一种新型烧结手段, 近年来, 被广泛应用于各种铁电陶瓷的制备中。其超高的升温速率以及压力辅助有助于铁电陶瓷材料致密度的提升和晶粒尺寸的控制, 从而优化铁电陶瓷材料的各种性能。我们将针对压电陶瓷和介电储能陶瓷, 系统阐述放电等离子烧结对其性能和微观组织的影响, 以及放电等离子烧结在铁电陶瓷制备中的优势和缺点。

17:40-18:00 A50-09
BF-BT 基铁电陶瓷中电致应变的提升机制
曾芳芳*, 张黔思, 姚召恺, 何谿川, 彭鹏
贵州大学 大数据与信息工程学院

摘要: 铅基压电陶瓷 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 由于其优异的压电性能而被广泛应用于医疗、汽车、家用电子、航空航天以及国防等领域, 然而铅基压电陶瓷在制备和报废处理过程中给人类和环境带来极大的危害。此外, 一些高温环境如燃油喷雾、勘探钻井、航天航空等领域对高温压电材料提出迫切需求, 因此研制一种可取代铅基压电陶瓷的高温无铅压电陶瓷尤为重要。由于 $(1-x)BiFeO_3-xBaTiO_3$ (BF-BT) 压电陶瓷具有高的居里温度和较优异的电致应变, 在高温压电致动器应用领域具有重要的应用前景而被广大学者青睐。然而 BF-BT 压电陶瓷在烧结过程中由于 Bi^{3+} 挥发和 Fe^{3+} 变价, 导致纯钙钛矿结构的 BF-BT 压电陶瓷制备困难, 电致应变较低、电导大且驱动电场高等问题。针对这些问题, 本文采用元素取代、组分固溶和第二相复合等方法, 从缺陷、相结构、畴形态以及晶界等不同层面对 BF-BT 陶瓷电致应变性能的影响机制进行了系统研究。

单元 50-2: 10 月 10 日上午
主持人: 石锋, 雷文

地点: S1-03

08:30-09:00 A50-10
LTCC 毫米波封装天线在低轨卫星通信终端上的应用
张策

华中科技大学温州先进制造技术研究院

摘要: 低轨卫星 (Low earth orbit, LEO) 通信较地面通信而言, LEO 的覆盖更广, 更适合在荒漠戈壁、深林、海上等无人区进行全球通信; 与高轨卫星通信相比, LEO 具有传输损耗小、时延小、成本低等优点。因此, 低轨卫星通信是构建空地海一体化通信非常重要的一环。相控阵天线技术作为低轨卫星通信系统的核心技术, 可以追踪高速移动的卫星, 然而传统相控阵天线使用分离的天线和芯片, 具有成本高、开发周期长和体积/重量大等特点。本研究采用 LTCC (Low-Temperature Co-Fired Ceramic) 封装天线技术实现模块化的相控阵天线。LTCC 技术以其高度集成、低损耗、优异的高频特性和良好的热稳定性而闻名, 随着毫米波频段波长越来越小, LTCC 封装天线可以实现芯片和天线的一体化设计从而实现模块化的相控阵天线设计。我们的研究创新性的开发了一款 LTCC 封装天线模块, 该模块使用了 21 层 LTCC 封装技术, 集成了 CMOS 射频前端芯片、毫米波耦合器和圆极化多端口天线。该模块在罗杰斯 PCB 进行大规模集成来实现毫米波相控阵天线, 并在另外一块 FR4 PCB 板上实现模块控制和电源电路, 展示了 LTCC 封装天线在大规模相控阵天线上的应用。由于使用了模块化设计, 该技术可以极大的降低毫米波通信终端的成本, 并且在有望在低轨卫星通信的普及上发挥重要作用。

09:00-09:30 A50-11
多尺度绝缘调控与弛豫优化策略实现 NBT 基陶瓷高放电能量密度

郑秋雨, 谢兵*

南昌航空大学 材料科学与工程学院

摘要: 介电陶瓷电容器拥有超高的功率密度、超快的充放电速率与优异的温度稳定性, 是重要的新型功率型储能器件, 在先进电子与脉冲功率系统等领域应用广泛。介电陶瓷材料是介电陶瓷电容器的核心, 其储能密度的提高对系统的轻量化与集成化设计和制造成本的降低具有重要意义。论文通过在 $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ (NBT) 陶瓷基体中引入 $Sm_{1/3}Sr_{1/2}(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (SSMN), 获得了高储能密度的 $(1-x)NBT-xSSMN$ 弛豫铁电陶瓷。研究发现, 通过减小晶粒尺寸、引入高绝缘 MgO 第二相、提高禁带宽度等多尺度绝缘调控策略可以大幅提高击穿场强。另一方面, 利用 A/B 位异价阳离子掺杂来破坏长程有序铁电畴, 诱导极性纳米微区的形成, 可以有效提高弛豫特性, 降低极化滞后。设计的 $0.8NBT-0.2SSMN$ 弛豫铁电陶瓷可以获得 480 kV/cm 的高击穿电场, 释放 7.3 J/cm^3 高能量密度, 同时在 $50^\circ\text{C}-200^\circ\text{C}$ 温度范围内展现了优异的热稳定性。该工作为应用于高压介电陶瓷电容器的高储能性能弛豫铁电陶瓷的设计提供了一条新途径。

09:30-09:50 A50-12
LTCC 异质集成技术及应用
宋小强^{1,2}, 雷文^{1,2}, 吕文中¹

1. 华中科技大学温州先进制造技术研究院
2. 温州精石微通科技有限公司

摘要: 介电常数、磁导率、电导率是电磁学中的三大基本参量, 以上述参量为基准可将无源电子元器件中的材料划分为

三类，即介质材料、磁性材料、导体材料。当前绝大部分无源电子元器件与组件均由单一介质或磁性材料与电极组成，这极大的限制了器件的设计自由度与集成度。多 K 值 LTCC 异质集成、LTCC-LTCF 异质集成是未来无源电子元器件集成技术的发展方向，Murata、TDK、Skyworks、太阳诱电等公司均已掌握相关技术，且在片式共模电感器、小型化变压器、低通滤波器、毫米波天线、环形器等器件中成功应用。实现异质材料共烧必须要克服烧结收缩匹配和异质界面粘结等难题，目前相关机理不是十分明确。报告将简要介绍国内外 LTCC 异质集成技术的研究现状，展示本团队的相关研究工作，探讨该技术的部分新型应用场景。

09:50-10:10 茶歇

10:10-10:40 A50-13

海康创新联合体模式探索 卢宇辰

中电海康集团有限公司 创新管理咨询中心

摘要：中电海康有非常丰富的经验和实践案例，能够打通“科技成果—产品—业务—企业”全链条。不同于一般企业的将科技成果转化到企业模式，中电海康始终践行硬核技术变成科创企业，科创企业长龙头企业的科技成果转化模式，坚信该模式能够产生更大的经济、社会价值。“硬核科技变科创企业”的模式让中电海康先后孵化出海康威视、萤石网络、驰拓科技、海康微影等 20 余家硬核科技企业，彰显了其强大的生命力。中电海康通过创新联合体模式将该能力对外输出，方式主要通过帮助科研团队成立科创企业、龙头企业高能级平台承接先进科技成果、在机制上，建立三个“纽带”、在组织上，搭建体系化赋能平台。

10:40-11:10 A50-14

秦创原：陕西科技创新驱动产业发展总平台 董广志^{1,2}

1. 西安电子科技大学 先进材料与纳米科技学院
2. 秦创原创新促进中心（挂职）科技经纪部

摘要：陕西科教资源丰富，科创优势明显，创新能力在全国排名比较靠前。为了进一步提升新动能促进产业和经济高质量发展，陕西正式提出秦创原这一重大战略举措，集全省之力助推科技创新迈入新发展阶段。秦创原应运而生：秦，是陕西的简称；创，是创新、创业、创造、创优；原，是指创新平台的高地，也是创新驱动发展的总源头。秦创原坚持企业主体、人才主力、市场主导、政府主推主体方针，应用专业知识和实务经验，促进科技成果就地转化，实现产业链和创新链高效融合，助力新材料等重点产业发展。

11:10-11:30 A50-15

聚合物基复合介质薄膜的结构设计与储能性能调控机理研究

毛蒲¹，谢兵²

1. 南昌航空大学 航空制造工程学院
2. 南昌航空大学 材料科学与工程学院

摘要：聚合物电介质材料因其高击穿电场强度、良好的柔性、可穿戴、和易于加工等优势，在电子电力系统和能源电网等领域具有广泛应用。同时，随着电子元器件向着微型化和集成化的方向发展，对聚合物电介质薄膜材料的储能性能提出了更高的要求。而单一聚合物电介质薄膜的储能特性很难满足高性能电容器对介质薄膜高储能密度和高效率的要求，引入高介电常数的无机填料可显著提升聚合物电介质薄膜的极化

强度和介电常数。然而，无机填料与聚合物基体间巨大的介电常数差异，通常会阻碍聚合物基复合介质薄膜储能性能的有效提升。本报告主要通过采用陶瓷填料表面修饰、聚合物基体优化和复合材料整体结构设计等策略，在保持聚合物基复合介质薄膜高击穿强度的前提下适度提高其介电常数，有效抑制复合介质薄膜的漏导电流而降低其损耗，使得复合介质薄膜具有较高的最大极化位移和较低的剩余极化位移，以获得综合性能优异的聚合物基复合介质薄膜材料。此外，还重点讨论了复合介质薄膜的结构设计对其介电常数、损耗、漏导电流、击穿强度等基本电学参数的影响，并阐述其储能性能的调控机理。为高性能聚合物基复合薄膜材料的开发、设计和基础研究提供指导或参考。

11:30-11:50 A50-16

低温共烧叠层压电陶瓷致动器研发及产业化

张静^{1,2}，曾芳芳¹，刘其斌¹

1. 贵州大学 材料与冶金学院
2. 中国振华（集团）新云电子元器件有限责任公司（国营第四三二六厂）

摘要：压电陶瓷致动器克服了机械式、电磁式等传统执行器惯性大、响应慢、结构复杂、可靠性差等不足，具有结构简单、位移精度高、响应快、驱动力大、无电磁干扰、无噪声、结构刚度大等优点，在精密光学仪器、生物工程、芯片制造、医疗科学等高精尖领域有广泛的用途。目前，本课题组实现了多种规格型号的 PZT-5H 系叠层压电陶瓷的小型批量化生产，并与国内多所科研院所建立长期供货协议。性能上，我们的叠层压电陶瓷在保证寿命的同时，具有位移范围更大、耐压强度更高等显著性能优势。相关成果获得了 2 件国家发明专利授权。

单元 50-3：10 月 10 日下午

主持人：吕文中，石锋

地点：S1-03

13:30-14:00 A50-17

光固化 3D 打印陶瓷及其应用进展

蔡志祥* 孙智龙

武汉因泰莱激光科技有限公司

摘要：近年来光固化 3D 打印陶瓷是研究热点，备受产业界关注，在航空航天、医疗器械、电子制造、能源化工等领域已有众多应用落地。本报告首先介绍光固化 3D 打印陶瓷技术及市场状况，然后介绍其在航空航天、电子制造、工业产品、文创以及医疗行业中的应用案例。

14:00-14:30 A50-18

关于电子陶瓷行业产学研工作的思考

石锋

齐鲁工业大学(山东省科学院) 材料科学与工程学院

摘要：电子陶瓷与元器件行业涉及到通讯等国家安全重点领域，需要加大重视！国家在这方面存在众多卡脖子技术，导致中高端产品严重依赖进口，一旦政治形式恶化，将严重威胁国家安全。本人根据多年产学研经验，对我国电子陶瓷与元器件产业化过程中存在的问题做了梳理，提出解决问题的一点思考和建议！抛砖引玉，希望业内同仁可以共同努力，促进我国在更多材料与元器件上实现国产替代！

14:30-16:00 圆桌交流