

Symposium D06

Advanced Microelectronic and Optoelectronic Materials

先进微电子与光电子材料

2017年7月8-12日

分会主席:

王曦

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

汪正平

香港中文大学

林庆煌

IBM Thomas J. Watson Research Center, USA

赵超

中国科学院微电子研究所

杨德仁

浙江大学

联系人:

宋三年

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

电话: 13818144065

邮箱: songsannian@mail.sim.ac.cn

D06. 先进微电子与光电子材料

分会主席：王曦、汪正平、赵超、林庆煌、杨德仁

D06-01

非易失存储器发展态势和挑战 (keynote)

刘明

中国科学院微电子研究所

非易失存储器是集成电路最重要的技术之一，广泛应用于信息、航空/航天、军事/国防、新能源和科学研究的各个领域，有着巨大的市场。目前主流的非易失存储技术—基于浮栅结构的“闪存”，尺寸微缩已接近其物理极限，难以继续提高其存储密度和性能来满足大数据时代对信息存储和处理的需求。本报告将介绍国际及中国存储器产业发展现状和面临的挑战、非易失存储器的学术研究态势及微电子所在该领域的研究进展。

D06-02

相变存储器芯片制造 (invited)

宋志棠

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

近年来，相变存储在学术界与工业界研究人员的共同努力下，已经由理论模型变成了真实产品。经过了几十年的发展，PCRAM 已成为下一代非易失性存储技术的最佳解决方案，有望代替 DRAM+Flash 的存储模式，在高速、海量存储方面具有巨大的潜力。本文介绍了相变存储器的发展历程与发展趋势，重点介绍中国科学院上海微系统所与中芯国际集成电路有限公司在相变存储器新材料开发和工艺集成研究成果。

D06-03

闪存存储器中的电报噪声及其物理机制研究 (invited)

陈杰智

山东大学

半导体存储器是集成电路产业中最为重要的技术之一，随着大数据及物联网等新兴技术的急速发展，需要存储分析的信息也正在爆炸式地增长。为克服器件尺寸缩小所面临的物理极限来继续提高存储密度，三维立体存储器正在逐步取代传统的二维平面存储器,成为未来大容量非挥发存储器的主流产品形态。本报告将从二维平面架构到三维立体架构来阐述闪存存储器系统中所存在的各种可靠性问题，并重点聚焦于存储单元中材料缺陷引起的电报噪声问题。通过对纳米尺寸器件中电报噪声特性在理论和实验上的研究深入理解激发电报噪声缺陷的基本物理特性及其对存储器可靠性特性的影响。

D06-04

相变材料锗碲砷中的原子无序 (oral)

张伟

西安交通大学

基于相变材料的非易失存储器(PRAM)是最具竞争力的新型存储介质之一。其工作原理是利用硫系相变材料（如锗碲砷 GeSbTe）的不同固体相间巨大的电阻差异来实现数据存储的，即“0”（非晶相，高电阻）和“1”（晶体相，低电阻）。相变材料的电子关联性质非常弱，高达 10^6 的巨大电阻差异主要取决于体系的

无序程度。通过第一性原理计算以及扫描透射电子显微学实验，我们系统地研究了锗锑碲非晶相、立方晶相以及六角晶相中原子无序的类别、演化以及其对电子结构的影响。结合扫描透射电子显微学实验与能谱分析实验，我们清晰地界定了立方相锗锑碲中的原子无序，尤其是空位的无序分布，并通过第一性原理计算得出无序的空位分布最终导致了立方锗锑碲的电子局域化，解释了立方相锗锑碲绝缘特性的本质原因。随着外加温度的提高，锗锑碲由立方相逐渐向六角相过渡，并伴随着绝缘体-金属性转变。通过第一性原理计算与电子显微学实验的对比分析，我们揭示了空位有序化是导致锗锑碲导电特性转变的根本原因。同时我们也从原子尺度揭示了无序从非晶到立方晶相再到六角晶相的微观转化过程。最终我们通过能带结构与电子态密度分析给出了相变材料锗锑碲中巨大电阻差异的统一解释。该研究有助于深入理解相变存储器的基本原理，并为器件调控原子无序提供了重要的理论依据。

D06-05

单晶氧化物薄膜的制备及其阻变特性研究 (oral)

游天桂, 黄凯, 贾棋, 林家杰, 张润春, 张师斌, 欧欣

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

阻变式存储器由于其结构简单、功耗低、读写速度快、储存密度高以及与现有 CMOS 工艺相兼容等特点，被认为是下一代非易失性高密度存储器的有力竞争者。金属氧化物薄膜作为阻变器件介质层材料表现出了良好的阻变特性，是当前阻变存储器的研究热点。阻变式存储器的核心结构是“金属-氧化物薄膜-金属”的三明治结构，氧化物薄膜的缺陷与器件的阻变特性密切相关。传统的薄膜生长方法（如 PLD，磁控溅射等）由于受晶格失配、晶型失配以及界面缺陷等因素的影响，只能在金属衬底上生长出非晶或多晶氧化物薄膜。非晶或多晶薄膜作为阻变氧化物介质层存在的问题包括：一方面，非晶和多晶薄膜中缺陷类型复杂，这对于材料阻变机理的研究是一个很大的挑战；另一方面，缺陷在非晶和多晶薄膜中的分布是随机的，这对于缩小器件尺寸、器件参数的稳定与优化、可靠性研究等都是难以突破的瓶颈。本文采用离子束剥离与转移技术从四英寸氟酸锂晶圆上剥离单晶氟酸锂薄膜，并将其转移到金属衬底上；通过离子注入在单晶氟酸锂薄膜中可控地引入缺陷，从而实现单晶氟酸锂薄膜阻变特性的可控调节。实验结果表明单晶氟酸锂薄膜阻变器件具有良好的保持特性和抗疲劳特性，离子注入剂量对阻变器件的开关比具有明显的影响，通过改变写电压幅值或调节限制电流大小可以实现多值阻变存储。根据电流传输机制，建立了应力调控界面肖特基势垒高度模型并对单晶氟酸锂薄膜阻变机制进行了解释。

D06-06

用于快速相变存储器的纳米复合多层相变材料研究 (oral)

胡益丰, 邹华, 朱小芹, 尤海鹏

江苏理工学院

为了改善相变材料的转变速度，利用 Sb 作为复合层，制备了 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5/\text{Sb}$ 、 GeTe/Sb 和 Si/Sb 多层复合相变材料。研究表明，多层复合相变材料具有较低的晶化温度，更小的晶化激活能和更低的热导率。相比于单层材料，多层复合材料在晶化前后的密度改变更小。激光皮秒测试实验结果显示， $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5/\text{Sb}$ 材料能够在 3ns 时间内实现非晶到晶态的相转变。基于 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5/\text{Sb}$ 、 GeTe/Sb 和 Si/Sb 多层复合相变材料的 PCRAM 器件，分别能够在 10ns、9ns 和 10ns 电压脉冲下实现 SET/RESET 可逆快速电阻转变，并且具有较小的转变功耗。

D06-07

界面电荷行为及其与器件性能和运行机制之间的联系 (invited)

张小娴, 秦靓, 裘晓辉

中国科学院纳米标准与检测重点实验室, 中科院纳米科学卓越中心, 国家纳米科学中心

在固态材料中，界面电荷行为比如电子转移、离子输运等是一种非常重要的过程，在许多应用领域比如有机电子、热电器件、传感器、太阳能电池和忆阻器等等发挥重要的作用。这里我将会介绍我们当前的一些包括有机和无极体系的界面电荷行为相关的研究结果。首先，通过结合实验结果和计算，我们发现界面电荷转移在有机半导体的界面发挥重要的作用，其将会对半导体进行有效的掺杂，从而影响载流子的输运进而影响塞贝克效应。接着，我还会介绍微观尺度对忆阻器中氧离子运动的原位探测，从而首次从实验上澄清了氧空位导电细丝的运行机制。我们发现，通过静电力显微镜，我们可以原位观察氧离子的迁徙和聚集，从而能够直接从实验上观测氧空位导电细丝的形成、断开，这很好的解释了 HfO_2 忆阻器中双极性阻变的机制。该研究方法充分的结合了离子的电荷和质量两种属性，为固体中离子的运动提供了一种高精度的普适的方法，可以广泛的应用在固态体系如锂电池、太阳能电池、传感器等，为这些体系中离子相关的微观过程的深入理解提供新的研究思路。

D06-08

印刷制造智能传感器——多元分析：从传感到认知 (oral)

李风煜

中国科学院化学研究所

传统的基于“锁-钥”类型的“单对单”的化学检测，难于应对现实生活中复杂体系的检测提出更高的。受人类感官系统的启发，发展出各式各样的正交分析检测的传感阵列。正交检测阵列用于多底物分析识别，对不同被检测的差异化信息进行分析，响应信息越多，对多底物识别越有利。而目前的“多对多”的多底物分析技术对传感器化合物需求量大、合成制备复杂、化合物筛选效率低，发展“单对多”的高效多元分析材料、方法与器件，是其真正走向实际应用的发展方向。交叉响应传感阵列设计的基本要求是：1) 每一传感组分对所有被检测物都有响应；2) 对每一被检测物的响应信号是有差别的。获得的传感信号越丰富，对多底物识别越有利。响应信号的形式多种多样，包括光学信号（吸收、荧光、反射、散射等）、电信号（电导、电容、电势、电阻等）、电化学信号等。从解决传统化学传感器响应性单一和传感器阵列芯片对响应化合物的量、种类需求大的问题出发，通过引入光致变色等智能响应材料到传感器阵列，利用光响应过程中的分子的多种构型或状态转换提供有差别的传感荧光、磷光、吸收光、旋光或化学发光等信号，在不改变化学成分的基础上，通过增加材料的化学信息量，实现单一化合物对多底物复杂样品的检测与分析。或者利用光子晶体材料对简单的荧光染料的传感荧光信号进行放大，使得简单、微弱的传感信息的细节被放大从而可以清晰差异化。开发动态的多底物检测分析方法，实现单个、简单化学传感器对多底物的检测与分析。针对实际检测应用中的实用性，通过设计新型的高集成多底物识别传感器芯片，发展高效化学与生物传感器，可以为适用于复杂目标与环境识别的便捷传感器器件提供具有重大意义的思路、方法与工艺。近年来，随着人工智能的不断升级和衍化，交叉响应传感阵列被集成化为可携带器件、可穿戴器件，更加便利和广泛应用于人们的生活当中。

D06-09

表面活性剂辅助 CVD 方法控制生长高性能 GaSb 纳米线 (oral)

杨再兴¹，何颂贤²

1. 山东大学

2. 香港城市大学

尽管基于 GaSb 纳米线不同结构的微电子器件已经实现，但是，相关的器件性能却一直受限于纳米线生长过程遇到的纳米线横向生长问题，导致器件的性能不能进一步提高。比如，在常规的化学气相沉积法（CVD）合成 GaSb 纳米线过程中，由于纳米线横向生长的问题，导致晶体质量不高，致使其空穴迁移率长期得不到提高（一般 $2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ）。在前期的工作中，在传统的 CVD 方法中采用硫表面活性剂抑制纳米线横向生长的方法，合成了空穴迁移率 $200\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的 GaSb 纳米线。进一步通过改变金（Au）薄膜催化剂

的厚度，合成了不同直径分布的锑化镓（GaSb）纳米线。³ 发现纳米线的生长方向随直径的增大，从转变为。重要的是，研究还发现生长方向的纳米线空穴迁移率达到了 $400 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，这正是具有空穴浓度 10^{18} cm^{-3} 锑化镓材料的理论极限。如何实现具有高空穴迁移率的纯生长方向的 GaSb 纳米线是研究的要点。与利用传统 VLS 生长机理制备纳米线不同，本研究采用 VSS 生长机理制备了纯生长方向的 GaSb 纳米线，其空穴迁移率同样达到了理论极限。进一步采用接触印刷技术实现了空穴迁移率达到 $65 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 纳米线阵列薄膜，在本征 p 型 III-V 族纳米线材料中，该薄膜空穴迁移率是具有极大竞争力的，在制作高性能半导体元器件中具有巨大优势。

D06-10

二硫化钨电学性能的数值模拟研究（oral）

杨一达

广西大学

二硫化钨作为一种新型材料，在电学性质方面脱颖而出，在传感器应用等方面有着很好的发展前景。我们通过计算二硫化钨中的电荷分布和电荷偶极矩[1-3]，尝试对二硫化钨材料在电场作用下发生形变的现象进行研究。我们用基于第一原理计算的电荷偶极子模型，预测二硫化钨在电场下的形变量，揭示电能到机械能的转变过程机理。我们的模拟预测结果期望为基于二硫化钨的未来电子元器件的发展提供理论基础。

D06-11

半导体光电子材料--从 3D 到 0D，从经典应用到量子信息（keynote）

宋海智^{1,2}

1. 电子科技大学
2. 西南技术物理研究所

本工作面向新一代光电信息系统，开发新型半导体光电功能材料的制备技术，满足半导体光电器件高速化、集成化、量子化的需求。材料制备采用了分子束外延（MBE）、金属有机物化学气相沉积（MOCVD）、常压化学气相沉积（CVD）等精密技术；器件制备采用了标准半导体工艺、微纳加工技术等。用 MBE 制备了高密度 $1.3 \mu\text{m}$ -InAs/GaAs 量子点材料；以此材料制成的 $1.3 \mu\text{m}$ 激光器，单层增益达到 7 cm^{-1} ，直接调制速率 $>40 \text{ Gbps}$ ， $10\text{-}70^\circ\text{C}$ 输出稳定，最高工作温度 200°C ；此激光器已在光纤通信网中得到应用。用微探针氧化光刻结合原子氢辅助 MBE 或 MOCVD，制备了位置可控量子点阵列；量子点最小间距 50 nm ，定位精度 3 nm ；为用于量子通信的集成单光子源，和全光量子计算回路提供了技术方案。用 MOCVD 制备了 $1.3\text{-}1.55 \mu\text{m}$ 量子点单光子源，单光子纯度达到 0.001 量级；用此单光子源实现了 120 km 光纤量子密钥分发。基于 MBE 和 MOCVD 的结合，制备了 InGaAs/GaAs/InGaP 双量子阱激光器，实现了 $1.064 \mu\text{m}$ 、 500 mW 的强单模激光；借助倍频技术，制成了连续输出 100 mW 的 532 nm 纯绿色激光器，为激光显示的绿色光源提供了高效方案。用 MOCVD 制备了 InGaAsP/InP 雪崩光电探测器（APD）材料；以此制成的盖革模式 APD，光子探测效率 $>25\%$ ，暗计数率 $<20 \text{ kHz}$ （与国际水平相当）；制成了 32×32 单光子探测器阵列，使单光子焦平面探测器进一步国产化。用常压 CVD 制备了 Si-APD 外延材料；以此制成的 APD 器件，最高增益达 800 （世界最高），响应度 $300\text{-}600 \text{ A/W}$ ，线列均匀性好，可用于激光 3D 成像雷达、激光制导引信等。综上，本文开展了半导体光电材料的研制，获得了从 3D 体结构到 0D 量子点的各种高性能材料，满足了从经典光电器件到量子信息系统的多方面需求。

D06-12

锑化物窄带隙半导体红外光电材料与器件（invited）

牛智川^{1,2}，徐应强^{1,2}，倪海桥^{1,2}，王国伟^{1,2}，张宇^{1,2}，尚向军^{1,2}，夏建白^{1,2}

1. 中国科学院半导体研究所

2. 中国科学院大学

铟化物半导体主要指包括 GaSb、AlSb、InAs 等晶格常数在 0.61nm 附近的化合物及其各种多元合金。该体系中的 InAs/GaSb 超晶格是 II 型能带结构,能有效抑止俄歇复合,其光电探测响应波段覆盖 2~30 μm 的超宽红外区域; InGaAsSb 量子阱是 I 型能带,在发展 2-4 微米波段大功率和窄线宽激光器方面前景重大;其调制掺杂异质结具有室温超高迁移率特性,非常适合制造低功耗高速微电子学器件。近年来,随着铟化物超晶格、量子阱、HEMT 材料的分子束外延和表面钝化等关键技术的不断突破,相关光电器件技术性能迅速提升,实验成果面临应用发展的重要机遇。本课题组自 2005 年起开展了铟化物超晶格、量子阱、异质结调制掺杂等一系列低维结构材料的分子束外延生长研究,相继开发研制成功 2-20 μm 宽谱覆盖的多波段红外探测器,其中,2-12 微米波段的 640 x 512 中长波焦平面和双色焦平面实现成像,中红外高工作温度探测器的工作温度(在室温背景噪声限制 $D^* \sim 4 \times 10^{11}$ 下)接近 200K,其 320 x 256 焦平面的工作温度达到 150K。最新研制的光锥结构超晶格超宽光谱探测器已实现 0.4-5 微米的宽谱响应。激光器方面先后报道了 FP 腔结构 2 微米大功率激光器,其室温连续输出功率达到 1.5W,巴条激光器功率大于 8.5W;DFB 窄线宽激光器边模抑制比达到 23dB,室温连续输出功率达到 10mW。研制的 InAs/AlSb 调制掺杂 HEMT 材料室温电子迁移率达到 27000、空穴迁移率达到 1000 cm^2/Vs ,是目前国际最好水平之一。铟化物外延材料的研究成果有力地促进了基于铟化物半导体红外光电器件自主研发技术的快速发展,特别是单晶衬底和外延材料突破了西方封锁,探测器和激光器从实验室全面走向广泛应用,由此逐步形成了铟化物新型光电材料体系的高性能红外探测器、大功率红外激光器应用新方向!

D06-13

气体传感用量子阱激光器研究 (invited)

潘教青^{1,2}, 于红艳¹, 周旭亮¹, 王宝军¹, 安欣¹, 边静¹, 赵玲娟^{1,2}, 王圩^{1,2}

1. 中国科学院半导体研究所
2. 中国科学院大学

在二十世纪八十年代初期,基于激光二极管吸收光谱技术(TDLAS)测量气体浓度的相关文献已经出现。由于 TDLAS 技术较传统光谱检测技术具有显著的技术优势而得到了迅速推广。我国企事业科研单位在 2000 年以后开展了多种无机物非对称气体分子的二极管激光光谱检测研究。近年来,国内科研单位通过技术合作与转移,基于国产自主知识产权的 TDLAS 在线气体监测系统已经在矿井作业、煤制气监测、天然气、油气监测等方面取得初步成效。TDLAS 技术的主要部件为红外激光光源,我们研发了 1.6-2.0 μm 波段光源,研发了大应变量子阱 DFB 激光器和 DBR 激光器,阈值电流均小于 20 毫安,边模抑制比大于 40dB,出纤功率大于 8 毫瓦,达到了实用的效果。窄线宽分布反馈激光器小批量制备,完成 863 课题“基于量子阱激光器的气体检测系统关键技术”相关项目,相关成果应用在煤矿瓦斯、油气、汽车尾气、医疗呼出气体检测等行业。为国内多家气体传感企业常年提供技术支持。相关成果获得中国电子学会发明二等奖“基于量子阱激光器的气体检测系统关键技术研究”。

D06-14

面向后摩尔时代的 XOI 异质集成材料研究 (invited)

欧欣

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

未来微电子、光电子器件及智能微系统将沿着小型化、集成化和智能化的方向发展,所需的微系统芯片功能更加复杂化、多样化和兼容一体化。这种发展趋势对异质集成技术提出了巨大的需求,异质集成也将为后摩尔时代微电子技术的发展开辟一条全新的道路,在保持原有器件和工艺尺寸的基础,发展异质材料与多种功能器件的一体化集成技术,从而实现单一芯片的功能多样化,特别是实现光电、微能源、模拟、射频、无源器件、MEMS 器件的单芯片集成。发展异质集成技术首先要解决不同半导体材料及功能

薄膜的异质融合问题，这将为今后实现器件及系统的单片式集成提供重要的材料基础。在材料异质集成方面，传统的外延生长方法，如分子束外延、金属有机化学气相外延、化学气相沉积、物理气相外延和磁控溅射等，存在着晶格失配、晶型失配、互扩散与反向畴等问题，严重影响了薄膜质量和异质集成的灵活性。而离子束剥离与转移技术可以从任意单晶衬底上剥离厚度在纳米尺度的薄膜，并将其与异质材料进行组合，该方法将突破异质外延生长的物理极限，能够在非晶、多晶甚至柔性衬底上集成高质量的单晶薄膜，为实现高质量异质集成材料提供了简单、高效的手段。离子束剥离技术首先在制备绝缘体上的硅（SOI）材料方面已经取得巨大的成功。本报告将介绍采用该技术在晶圆级 XOI（X=III-V、宽禁带半导体、功能薄膜）异质集成衬底的制备方面的应用。

D06-15

低维光电材料结构与性能间演化关系的原位研究及性能优化（oral）

张骐，周兴，高婷，熊兴，王发坤，金宝，苏建伟

华中科技大学

光电材料是人类现代文明的物质基础之一，直观和真实地反应材料结构与性能之间的演化关系是正确理解材料中光子与电子的耦合行为，实现光电转换动力学调控的关键。本文中，我们通过气相微扰技术合成了 In_2S_3 弯折纳米线，而后利用原位表征技术揭示了材料光电性能与几何形态的依赖关系，证明扭转处的应力增加了纳米线的电阻，导致弯折处光电响应性能减弱；利用电子辐照引起材料表面态变化，探究低维半导体材料(ZnS 和 Zn_2GeO_4)表面态改变对电输运性能的影响规律，证明了电子束对器件不同电极接触类型的调制能力，并提出了电子束辐照下纳米线电导率的增加与纳米线直径之间的量化关系。在此基础上，通过快速简便的液相离子交换法在 CdS 纳米线表面形成了 PbS 结构，利用此复合结构构筑的光电探测器光谱响应范围扩宽至 650 nm，并且相比纯 CdS 材料工作元件具有更高的响应度（1.02A/W vs. 4.57A/W）和外量子效率（260% vs. 1160%）通过实验和理论分析相结合证明 Pb 原子替换 Cd 原子导致材料晶格发生畸变，而畸变导致的应力引起该半导体材料由直接带隙转化为间接带隙，由此导致光谱响应范围的扩宽；通过气相离子交换技术，实现了高质量 $\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x$ 一维纳米材料的控制合成，产物形貌均匀没有相析出，同时通过前驱体 Se 和 S 两种元素比例的精确调控，该三元合金材料的能带能扩展至整个可见光区(520-720 nm)且连续可调，而当 S/Se 比例接近 1:1 的样品中因局域态的增多使得其具有相对较低的光电流响应度。

D06-16

大尺寸、不同晶相二氧化钒外延薄膜的可控制备（oral）

杨远俊¹，洪宾²，王志立¹，黄浩亮²，李晓光³，罗震林²，高琛²

1. 合肥工业大学

2. 中国科学技术大学

3. 中国科学技术大学

M1 相的块材 VO_2 在 340 K 附近出现陡峭金属-绝缘体转变，伴随着光学、磁学和热学性能的巨大转变，是凝聚态物理领域的重要研究对象之一，并且在低功耗场效应管、光电开关和红外探测器等领域具有巨大的应用前景。然而，钒氧化物是一种极其复杂的过渡金属氧化物，如存在 V_2O_5 、 V_2O_3 、 VO 、 VO_2 、 V_6O_{13} 等诸多不同的物相。仅 VO_2 的同分异构体就有六种以上，例如，四方晶系的 R 相、 A 相和 C 相，单斜晶系的 M1 和 B 相，以及三斜晶系 T 相等，可见 VO_2 存在着丰富的相结构。这些丰富的物相一方面成为基础研究的“游乐场”，另一方面又给薄膜制备及其实际应用提出了挑战。我们利用磁控溅射技术，通过调节生长温度和溅射功率，可制备了外延 VO_2 薄膜，还制备了具有金属-绝缘体转变特性的 V_2O_3 外延薄膜。结合微结构（x-ray 衍射、原子力显微、Raman 光谱等）和电学表征，我们构建了 VO_2 外延薄膜的生长相图，其中物相包括 M1 、 B 、 R 和亚稳态的金属性 M_m 相等。另外，我们利用离轴磁控溅射工艺在 Al_2O_3 衬底上制备了两英寸的 VO_2 外延薄膜，为下一步器件设计 and 应用奠定基础。进一步，我们在(0001)- Al_2O_3 衬底上

发现了混相 VO₂ 外延薄膜，呈现出与常规 M1 相 VO₂ 不同的金属-绝缘体转变行为，AFM 和 CFM 表征结果显示该混相外延薄膜具有明显的相分离特征。通过原位变温高分辨同步辐射倒空间成像和 Phi 扫描技术，确认了混相 VO₂ 外延薄膜由常规的 M1 相和亚稳相 Mm 相构成，揭示了金属相 Mm 来源于衬底表面六方结构诱导的单斜相 β 角度畸变。因此，大尺寸、不同晶相二氧化钒外延薄膜的可控制备不仅为基础研究提供了素材，更为二氧化钒的实际应用奠定了基础。

D06-17

退火镓铟氧合金薄膜的结构与性质 (oral)

张法碧¹, 李海鸥¹, 李琦¹, 傅涛¹, 陈永和¹, 肖功利¹, 郭其新²

1. 桂林电子科技大学

2. Department of Electrical and Electronic Engineering, Synchrotron Light Application Center, Saga University

由于镓铟氧合金的禁带宽度可以从 3.6 调节到 5.0 eV 左右，所以其具有良好的应用前景。然而由于制备方法以及固溶度限制等造成的相分离现象限制了其发展。本文利用低温制备-高温退火的方法在蓝宝石衬底上生长了不同铟元素含量的镓铟氧合金薄膜，并测试了其结构与光学性质。XRD 结果显示，在铟含量小于 0.1 时候，合金薄膜为非晶相；铟含量小于 0.5 时为单斜相，高于 0.7 时为立方相，没有发现双相并存现象。所得到的薄膜在可见光及近红外区的透过率均超过了百分之八十；随着铟含量的增加，吸收边由 230 红移到 320 纳米左右。AFM 显示薄膜表面均匀，粗糙度小于 20 纳米。

D06-18

光刻材料发展的新机遇与挑战 (keynote)

韦亚一

中国科学院微电子研究所

光刻是集成电路制造工艺中最为关键的工艺步骤之一，其所能获得的最小图形尺寸直接制约着半导体技术节点的推进。光刻工艺中使用的各类功能材料的形态和性能随着技术节点的不断发展也在日益更新和完善。传统的光刻工艺所必须的材料包括增粘剂、抗反射涂层、正性或负性光刻胶、化学溶剂、显影液以及 193nm 浸没式光刻中的抗水涂层。当技术节点推进至 16/14nm 及以下时，这些材料的厚度也随之减薄到了极低的水平，例如关键层光刻胶的厚度小于 100nm。这对光刻材料的分辨率、刻蚀选择性、与工艺的兼容性都提出了新要求。因此，许多新型材料被相继投入使用来满足这些要求，例如：使用旋涂的薄膜 (spin-on film) 取代化学沉积的薄膜 (CVD film) 来获得更佳的沟槽填充性和更低的成本；极紫外 (EUV) 光刻中使用一种特殊衬底材料 (under-layer) 来吸收一部分二次电子以获得更佳的分辨率；为了提高 EUV 光刻胶的刻蚀选择性，含金属的 EUV 光刻胶则应运而生。对于更小节点 (5nm 及以下) 的光刻，嵌段共聚物定向自组装光刻技术 (DSA) 被认为是最有可能进一步取代 EUV 的光刻技术。DSA 技术与传统光刻技术的原理完全不同，它依靠分子之间的相互作用，以自组装的方式实现图形化。因此，DSA 所使用的材料——嵌段共聚物也成为光刻从业者关注的焦点。本报告将综述这些新型光刻技术及其对材料性能的需求，分析目前光刻材料面临的挑战，并提出展望。

D06-19

UV LED 封装材料之性能表征 (invited)

李世玮, 邱幸

Hong Kong University of Science and Technology

目前 UV LED 成本高，是制约其发展的一个重要因素，而封装成本高是导致 UV LED 价格居高不下的一个重要原因。在工业上，UV LED 封装主要采用陶瓷基板封装和铝基板封装，因为这两种材料都是无机材料，抗紫外，可靠性高。然而陶瓷基板和铝基板制作工艺复杂，成本高。可见光 LED 封装常采用塑料

支架封装，制作工艺简单，成本低。鉴于此，工业界提出两种抗紫外塑料，分别是树脂模塑料（EMC）和硅胶模塑料（SMC），具有在 UV LED 封装上应用的潜力，然而 EMC 和 SMC 具有紫外老化的潜在问题。因此，研究 EMC 和 SMC 在紫外辐射和高温下的可靠性具有重要意义。由于 EMC 和 SMC 是作为 UV LED 封装中的反光杯材料，因此本篇论文主要以 EMC 和 SMC 的紫外反射率变化作为评判可靠性的指标。本篇论文对 EMC 和 SMC 样品进行了两种老化实验，分别是高温老化实验和紫外辐射连同高温老化实验，在老化实验中对比了 EMC 和 SMC 样品的紫外反射率变化。EMC 和 SMC 样品在辐射主波长为 365nm，辐射强度为 $40\text{mW}/\text{cm}^2$ ，环境温度为 190°C 的紫外汞灯下老化 100 小时，从紫外反射率变化，表面形貌变化，表面粗糙度变化来看，EMC 和 SMC 在紫外辐射连同高温环境下都会老化，SMC 比 EMC 更抗紫外。而 EMC 和 SMC 在 1500 小时 150°C 高温老化下表现稳定，EMC 和 SMC 都具备抗高温能力。封装好的 370nm 大功率 UV LED 芯片分别在 85°C 和 55°C 环境下老化。经过 1000 小时 55°C 老化实验，采用 EMC 和 SMC 封装的 370nm 大功率 UV LED 芯片光功率变化不超过 5%，因此 EMC 和 SMC 都适用于波长在 370nm 以上的 UV LED 封装。SMC 比 EMC 更抗紫外，EMC 和 SMC 都适用于波长在 370nm 以上的 UV LED 封装。

D06-20

面向亚 16/14 纳米的源漏硅化物、接触及器件技术研究 (invited)

罗军

1. 中国科学院微电子研究所
2. 中国科学院大学

随着互补场效应晶体管（CMOS）技术进入 16/14 nm 及以下技术代，源漏区的寄生电阻尤其是接触电阻已超过了沟道区电阻，成为制约器件性能提升的最大瓶颈。随着技术代的演进，这种制约的影响越来越大。源漏区形成金属硅化物是降低源漏寄生电阻的有效方法。在众多金属硅化物中，NiSi 基的硅化物具有低电阻率、低形成温度、低的硅消耗量等优点，同时也存在热稳定性差、肖特基势垒高度过大和硅化物反应难于控制等缺点。本文系统地分析了 NiSi 的材料特性和在 CMOS 工艺中的应用的可能性，在此基础上，对克服 NiSi 上述缺点的工艺方法，特别是通过离子注入和改善热处理条件等工艺方法开展了系统的研究。本文对改善 NiSi 基硅化物的热稳定性开展的研究工作表明采用在 Si 衬底内注入 C 离子然后再形成 NiSi 的方法，可有效提高了 NiSi 和 NiPtSi 的热稳定性。而采用超薄 Ni 或 NiPt 金属层在 Si 衬底上形成的外延 NiSi_{2-y} 具有超高的热稳定性。本文对采用界面杂质分凝技术调节肖特基势垒高度的方法做了深入研究，结果表明在 NiSi/Si 界面采用 P 和 B 杂质分凝的方法，可将电子和空穴的肖特基势垒高度 (f_{bn} 和 f_{bp}) 均降低到 0.1 eV。同时，发现 P 和 B 杂质分凝技术也适用于降低超薄外延 NiSi_{2-y} /Si 接触的肖特基势垒高度。而 C 和 N 离子注入对于 P 和 B 杂质分凝技术具有协同效应，可以进一步降低肖特基势垒高度。本文对 NiSi 基硅化物反应控制技术做了相关研究，采用控制 Ni 薄膜厚度、二步硅化法以及 Ni-Pt 合金等方法，在获得低电阻率 NiSi 的前提下，有效控制 Ni 向沟道内的横向侵入，为提升器件良率争取了更大的工艺窗口。最后，给出全金属化硅化物源漏技术在 FD-SOI 器件及 FOI FinFETs 工艺集成中应用的实例，获得的器件性能充分显示了硅化物技术对电学性能的关键性影响。

D06-21

10nm 以下超大规模集成电路钌金属非铜互联 (invited)

温良恭

北京航空航天大学

在超大规模集成电路未来技术路线中钌作为铜互联的阻挡层已经被广泛研究。但铜互联从电阻率和可靠性方面都不能满足 10 纳米以下技术节点的需求，亟待寻求解决方案。我们首次提出并验证了原子层沉积钌金属作为 10 纳米以下互联工艺的大马士革解决方案。在这一工艺节点以上，钌的电阻随线宽下降提升较铜互联放缓。更重要的是，有效电阻在 10 纳米以下线宽有望小于铜互联。同时这样的钌互联也显示

出来较好的可靠性。无论电迁移还是 TDDB 都表现出替代铜互联的优势，并证明钎互联不需要阻挡层。我们的工作首次在 300mm 硅片上展示了一种下一个技术节点的超大规模集成电路互联的可能方案。

D06-22

合金元素 Bi、Ni、In 对 Sn-3.0Ag-0.5Cu 无铅焊料焊点的可靠性影响 (oral)

屈敏

北方工业大学

Sn-3.0Ag-0.5Cu(SAC305)无铅焊料由于具有润湿性差、熔点高及成本高等缺点难以满足电子封装业的需求，因此仍需开发新的 Sn-Pb 焊料的替代品。通过添加合金元素 Bi、Ni、In 对 SAC305 进行改性，制备了 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.5Bi-Ni (SACBN) 和 Sn-3.0Ag-3.0Bi-3.0In (SABI) 焊料。采用回流炉进行焊点制备，研究三种焊料的润湿性能。利用保温干燥箱进行焊点的时效处理，采用 SEM、EDS 等研究时效过程中焊点的界面生长行为。研究结果表明，SAC305、SACBN、SABI 的润湿角分别为 22.12°、25.87°、8.89°，经过改性后，SABI 的润湿性能得到大幅提升；三种焊料的生长系数分别为： $0.0497\mu\text{m}/\text{h}^{1/2}$ 、 $0.0329\mu\text{m}/\text{h}^{1/2}$ 、 $0.0037\mu\text{m}/\text{h}^{1/2}$ 。探明了合金元素的添加有效抑制了金属化合物层的生长，提高了焊点的可靠性。从动力学方面，揭示了合金元素改性 SAC305 焊料的生长机理。

D06-23

热压法制备 TeAsGeSi 靶材 (oral)

潘兴浩，储茂友，白雪，桂涛

北京有色金属研究总院

目的：开关材料 TeAsGeSi 在阈值开关、相变存储中有重要作用，材料以薄膜形式应用在器件元件上。采用热压法制备镀膜用 TeAsGeSi 材料靶材。制备出高致密度，高主相含量的靶材。研究原料粉体组成对靶材致密度，靶材物相组成的影响。采用两种方案的原料粉体。方案一为在石英管中按配比加入 Te、As、Ge、Si 四种元素单质粉体，真空熔炼后破碎制粉，粉体热压制备靶材。方案二为在石英管中加入 Te、As、Ge 三种元素单质，真空熔炼后破碎制粉，再混合 Si 粉热压制备靶材。将破碎后的真空熔炼 Te、As、Ge 粉体作为原料，采用热压温度 400℃，保温 2h，压力 5MPa 为适宜工艺条件，制备的靶材致密度可达 99%，主相含量达 93%。靶材主相在真空熔炼制备原料粉体时已经形成，Si 元素在真空熔炼过程中不参与形成化合物，但影响其他元素的反应，抑制主相 As_2GeTe_4 和杂相 GeTe 的形成。

D06-24

面向下一代高速短距光互连系统的光电芯片、聚合物波导与模组 (keynote)

何祖源

上海交通大学

随着云计算、大数据和物联网的蓬勃发展，信息互连带宽呈爆炸式增长，传统的电互连技术已经无法满足未来高速率数据通信的需求。光通信技术在短距离应用场景中应用取代电互连技术是大势所趋。本报告围绕超算和数据中心中的板间和芯片间互连系统，探讨短距光互连对于光电集成芯片、聚合物光波导以及高速模组技术等方面的挑战和发展方向。

D06-25

CMOS 工艺兼容的硅光子工艺与材料探讨 (invited)

李志华，张鹏，李彬，唐波，赵超

中国科学院微电子研究所

硅光子技术是光电子与微电子融合趋势下发展起来的新型技术,它利用现有 CMOS 集成电路平台进行光器件和芯片的设计和制造,从而在成本、功耗、集成度上突破现有光电技术的局限性。硅光子技术相对于传统光电子技术的优势在于它的制备工艺与 CMOS 工艺兼容,不仅有利于实现大规模量产,还有望实现单片光电集成,在高速光通信领域和芯片间、芯片内光互连领域都具有广阔的应用前景。本文基于硅光子设计与制造中的材料选择与工艺问题进行探讨,分析了硅光子与 CMOS 集成电路的兼容性和差异化,指出了硅光子制造工艺的挑战以及硅基光电集成方案的可行性。首先,分析了硅光子衬底材料选择及其与集成电路衬底的差异,通过对衬底材料的对比分析,提出硅基光电单片集成的挑战及解决方案;其次,对硅光子的制备工艺与 CMOS 工艺之间的差异进行了论述,讨论了硅光子的关键工艺问题;第三,对比分析了硅光子和 CMOS 制造中涉及的各种介质及金属材料的功能与工艺。通过本文的论述,认为硅基光电单片集成面临着衬底材料选择的问题,硅光子制造工艺与 CMOS 工艺存在一定的兼容性问题,通过封装实现光电集成是目前最佳的解决方案。

D06-26

有机光电器件中的微纳结构与光物理 (invited)

郝晓涛

山东大学

有机半导体材料因为其质量轻、可弯曲、易处理等诸多优势,使其在光电器件中得到了广泛的应用。在许多情况下,这类材料的固态特性是支配有机光电器件性能的关键因素。采用不同手段控制聚合物薄膜的形态结构,进而确定其纳米到亚微米量级空间尺度上薄膜的不均匀性,及其对电子/空穴传输动力学的影响,对于获得高效电子输运并实现高性能器件是很有必要的。我们采用耦合超快激光的高分辨共焦显微技术观测到了发光聚合物 MEH-PPV 薄膜的荧光在时间和空间上的不均匀性,研究了薄膜中不同微区在超快时间和亚微米尺度上光物理学行为的变化。使用不同外场(电、力、热等外场)控制聚合物薄膜中分子链构象,利用基于同步辐射的 GIXD、GISAXS 和 GIWAXS 等先进装置,定量描述有机光电薄膜的多尺度微观形态结构;并结合飞秒光谱显微系统在纳米空间尺度和超快时间尺度上解析这些不均匀的共混材料中的局域电荷转移/分离、激发态特性等物理现象和过程,我们细致研究了形态可控的 MEH-PPV, P3HT:PCBM, PTB7:PCBM 等有机高分子半导体薄膜的固态微纳形态结构以及稳态、时间分辨荧光发射特性和光致激发动力学,从而获得共混薄膜微纳结构对电子转移产生影响的清晰图像,并判定有利于实现电荷分离的最佳异质形态结构,为实现高效有机光电器件提供理论参考和实验依据。

D06-27

硅基锗锡材料与器件研究 (invited)

李传波, 成步文, 王启明

中国科学院半导体研究所

随着 Si 集成电路的集成度越来越高,信息传输的速度越来越快,传统的电互连已显现出其技术的局限性,无法满足高带宽、低功耗的需求。而光互连具有高速度、高带宽、低功耗等特点,因此,人们迫切地希望可以在短距离上实现光互连,甚至是芯片之间和芯片内部的 Si 基光互连。目前硅基无源光器件已经有比较好的进展,但在硅基光电探测及发光器件方面,性能还有待于提高,特别是高效的 Si 基光源成为 Si 基光互连中最具挑战的目标。随着纳米技术的发展,人们寄希望于利用量子尺寸效应和能带工程,来实现 CMOS 兼容的 Si 基的高效发光器件。本报告从硅基锗锡材料可控生长着手,重点讲述我们近几年在硅基锗锡光探测及硅基发光器件方面的一些进展,探讨硅基锗、锗锡微纳材料的生长、原位掺杂、光致发光和电致发光特性。

D06-28

发光材料在高温下的结构与发光性质 (oral)

武莉, 武丽伟, 白宇星, 张毅, 孔勇发, 许京军
南开大学

发光材料在多领域有重要的应用而受到广泛关注, 例如荧光灯、LED、平板显示等。近年来, 人们着重开发可用于白光发光二极管 (w-LED) 和场发射显示 (FED) 的各类发光材料, 相关的制备、性质和发光机理均成为研究热点。发光材料在实际使用中多处于高温工作状态, 如 LED 的结温可达几十度甚至过百度。研究发光材料高温下的结构与发光性质具有重要的理论与实际意义。为此, 本文对发光材料在高温下的相变及热猝灭的改善进行了初探。 α -NaSrBO₃ 是一种优秀的基质材料, 但在 LED 的工作温度会发生相变, 转变为 β -NaSrBO₃。我们通过化学取代的方法, 引入 Na⁺ 和 Ce³⁺ 离子, 成功地将其高温相稳定在室温, 并用粉末从头算法解析了高温 β 相的晶体结构。此外, 制备了可被紫外光激发的 β -NaSrBO₃:Ce³⁺ 蓝色荧光粉, 并对其发光性质进行了研究。变温荧光光谱显示, 在同样温度下 β -NaSrBO₃:Ce³⁺ 具有比 α -NaSrBO₃:Ce³⁺ 更优异的热稳定性。将 β -NaSr_{0.95}BO₃:0.05Ce³⁺ 蓝色荧光粉与商用红色荧光粉和绿色荧光粉混合后涂覆在 360nm 的 InGaN 芯片上封装 LED 灯泡, 当电流 I=250mA 时发射色度坐标为 (0.3821, 0.3430)、色温为 3654K 的暖白光, 显色指数 Ra=92.8。表明 β -NaSrBO₃:Ce³⁺ 是可以应用于暖白光 LED 的性能优异的蓝色荧光粉。由于红色荧光粉在高温下的热稳定性对白光 LED 性能有显著影响, 我们尝试采用共掺敏化离子的方式提升荧光粉的热稳定性, 并成功制备出热稳定性优异的新型红色荧光粉 SrBi₂B₂O₇:Sm³⁺,Eu³⁺。在 150°C 时, Sm³⁺ 和 Eu³⁺ 的发射强度分别为常温下的 74% 和 69%。在该荧光粉中, Sm³⁺ 作为 Eu³⁺ 的敏化离子, 存在 Sm³⁺→Eu³⁺ 的电四极-电四极能量传递, 提高了单掺样品的热稳定性。采用 Rietveld 方法对该材料高温下的晶体结构进行了精修, 并结合第一性原理计算体系缺陷形成能。发现 Sm³⁺、Eu³⁺ 同时占据基质中八配位的 Bi(1) (6c) 位和 Bi(2) (6c) 位。SrBi₂B₂O₇:Sm³⁺, Eu³⁺ 荧光粉在高温下出现负热膨胀性质, 使得晶格更加致密, 而体系缺陷形成能则呈现:单掺 Eu³⁺>单掺 Sm³⁺>共掺 Sm³⁺+Eu³⁺, 体系自由能 (总能) 也呈现出与缺陷形成能变化相一致的趋势, 这与变温荧光光谱所显示的热稳定性负相关。由此可知相同条件下, 与单个替位式缺陷相比, 双缺陷更容易形成。在温度变化的情况下, Sm³⁺,Eu³⁺ 共掺会表现出比单掺更为优异的热稳定性, 与实验结果相符。此外, 我们在空气气氛下制备了多种稳定的低价态 Mn²⁺ 离子激活发光材料, 可避免发光材料的高温氧化并改善热猝灭。这些结果为发光材料热稳定性的改善提供了新思路与理论依据。

D06-29

氮化物 LED 红色荧光粉 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 发光性能与热猝灭机理 (oral)

陈雷
合肥工业大学

红色荧光粉是降低白光 LED 色温以及提高显色指数的关键原材料, 其中氮化物 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 在 LED 器件中封装应用最多。CaAlSiN₃:Eu²⁺ 发光效率、化学性质稳定, 但其发光热稳定性仍有待提高。论文研究了不同浓度 Eu²⁺ 激活的 CaAlSiN₃ 荧光粉发光热猝灭机理。利用低温光谱技术观测到 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 激发光谱构型随 Eu²⁺ 浓度与温度发生变化, 说明电子在激发态的分布随 Eu²⁺ 浓度和温度发生变化; 进一步对激发态能级在晶体场中的劈裂进行分析表明, 在痕量掺杂情况下 Eu²⁺ 所处配位环境接近于八面体, 而在高浓度下 Eu²⁺ 所处的晶体场接近于四面体, 从八面体向四面体转变表明晶格随 Eu²⁺ 浓度增大而扭曲; 利用 EXAFS (扩展 X 射线吸收精细结构谱) 分析表明, 在 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 中 Eu-N 键的局域键长随 Eu²⁺ 浓度增大发生异常膨胀 (其膨胀率远高于体积膨胀率); 理论计算预测, 费米能级随 Eu²⁺ 浓度增大逐渐向导带底移动, 并在实验上利用价带技术谱证实了该推论。因此, 费米能级移动以及电子在高能激发态相对分布几率的增加导致电子热离域发生, 是 CaAlSiN₃:Eu²⁺ 发光热猝灭的根本机制。

D06-30

低温制备高介电材料及其在柔性薄膜晶体管中的应用研究 (oral)

陆旭兵¹, 严龙森¹, 赵凯¹, 龚岩芬¹, 周国富¹, 刘俊明^{1,2}

1. 华南师范大学
2. 南京大学

柔性、低功耗是未来电子信息产业非常重要的发展方向。作为在未来的柔性信息显示、存储、生物传感、射频标签等领域有着广泛的应用前景的一类重要器件, 有机薄膜晶体管(Organic thin film transistor, OTFT)仍然面临着高工作电压、柔性化等的挑战。本报告的工作, 尝试以高介电(高 K)材料来取代 SiO₂, 作为 OTFT 中的栅介质, 以解决 OTFT 的高压工作问题, 为其低功耗工作提供材料基础。此外, 我们探索高 K 材料的低温乃至室温制备, 以符合 OTFT 对柔性的材料需求。我们采用化学液相旋涂方法, 在重掺杂硅衬底和柔性 PET 衬底上分别制备了 La₂O₃、ZrO₂ 等高介电材料。采用低温退火、紫外光照射退火等技术, 进一步提高薄膜的质量。采用原子力显微镜、透射电镜, X 射线反射谱等对薄膜的表面、界面、厚度等进行表征。采用掩膜版方法, 制备了以并五苯为半导体的有机薄膜晶体管器件。对薄膜的漏电流、介电常数、击穿场强、晶体管的转移特性、输出特性、场效应迁移率、阈值电压等一系列电学特性进行了系统表征。我们成功地实现了在 120°C 乃至室温制备高质量的高介电薄膜。在 120°C 制备的 La₂O₃ 薄膜, 其介电常数在 100-1 M Hz 范围内都大于 10, 且对频率非常稳定。击穿场强至少 3MV/cm。基于 La₂O₃ 的柔性薄膜晶体管, 工作电压可以低至 4 V, 沟道电流开关比达到 ~10⁶。基于 La₂O₃-OTFT, 成功实现了柔性反相器、与非门等基本电路功能。我们的工作表明, 低成本的化学液相法, 通过工艺优化, 可以用来制备高质量的高介电材料。通过高介电材料的引入以及低温制备, 可以获得低压稳定工作的柔性薄膜晶体管, 实现基本的柔性电路功能。

D06-31

锆基石墨烯材料研究进展 (invited)

狄增峰, 张苗, 谢晓明, 王曦

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

大尺寸单晶硅晶圆支撑集成电路发展持续六十余年。石墨烯材料作为具有极高载流子迁移率的沟道材料, 有望替代当前的硅材料应用于未来集成电路技术中。当前, 石墨烯材料主要利用化学气相外延方法生长在金属衬底上。然而, 要实现真正石墨烯基集成电路, 金属基底石墨烯难以与微电子工艺兼容, 因此迫切需要将石墨烯材料与半导体衬底集成。我们通过研究发现, 在半导体锆衬底上能够通过 CVD 方法生长出大面积连续石墨烯薄膜, 石墨烯薄膜生长行为与锆衬底晶向具有紧密相关性。锆 (100) 和锆 (111) 两种衬底上易于获得随机取向的石墨烯晶畴[1,2], 从而相互合并形成多晶石墨烯。锆 (110) 衬底台阶处晶格匹配效应, 能够导致石墨烯晶畴取向排列, 从而能够无缝拼接, 形成单晶石墨烯晶圆[3]。目前, 已经成功 4 英寸单晶石墨烯晶圆演示, 有望真正将石墨烯材料应用于集成电路制造。

D06-32

一种基于电荷存储的增强型 GaN 高电子迁移率晶体管的研究 (invited)

王辉^{1,2}, 蒋苓利^{1,2}, 王宁^{1,2}, 林新鹏^{1,2}, 于洪宇^{1,2}

1. 南方科技大学
2. 深圳第三代半导体重点实验室

本文提出了一种基于电荷存储的增强型 GaN 高电子迁移率晶体管 (HEMT) 结构并对其转移特性进行了系统地仿真研究。该方法是在 GaN HEMT 的栅上依次制备隧穿层/电荷陷阱层/阻挡层这几层介质, 通过隧穿层往电荷陷阱层充电来提高栅上势垒, 从而实现增强型 GaN HEMT 的目的。仿真结果表明, 在一定充电电压下, 随着充电时间的增加, 电荷陷阱层中俘获的电荷量逐渐增加, 器件的阈值电压也逐渐正向增加。同样, 在一定充电时间下, 随着充电电压的增加, 器件也逐渐从耗尽型转变为增强型。另外, 仿真结

果也表明降低隧穿层的厚度可以显著提高器件的阈值电压，从而可以减少电荷陷阱层的电荷量，降低漏电概率，提高器件的使用寿命。

D06-33

V 掺杂 BiSe 薄膜中反常霍尔效应研究 (oral)

赵维巍^{1,2}, Cuizu Chang^{2,3}, Jagadeesh S. Moodera³, Moses H. W. Chan²

1. 哈尔滨工业大学 (深圳)
2. 美国宾夕法尼亚州立大学
3. 美国麻省理工大学

零磁场下的量子反常霍尔效应能够实现与强磁场下的量子霍尔效应相似的拓扑边态电流,近年来备受关注。2013年首次在Cr掺杂的SbBiTe薄膜中观测到了量子反常霍尔效应[Science 340, 167 (2013)],并于2015年首次在V掺杂的SbBiTe薄膜中观测到了零磁场下的无损耗手性拓扑边态电流[Nat. Mater. 14, 473 (2015)].本工作将介绍另一种有可能实现量子反常霍尔效应的备选材料V掺杂的BiSe薄膜。我们利用分子束外延技术在STO衬底上分别制备了2, 4, 6个原子层厚的V掺杂的BiSe薄膜。并发现在2K的温度下, 2和4层厚的薄膜不具有长程磁序, 而6层V掺杂BiSe薄膜却具有很强的铁磁性。与Cr掺杂的BiSe薄膜在1.5K时都不具有长程磁序[Phys. Rev. Lett. 112, 109901 (2014)]相比, 让我们惊讶的是6层V掺杂的BiSe薄膜在2K下的矫顽场就可达2kOe以上。利用STO的优异介电性能, 在衬底背面利用In制备背电压电极, 并发现通过背电压的调节当载流子浓度降低时, 不但V掺杂的BiSe薄膜的矫顽场会随之增大, 而且反常霍尔电阻也随之增加。反常霍尔电阻随着载流子降低而增加的现象说明, 在V掺杂的BiSe薄膜这个体系中, 如果可以进一步的大幅降低载流子浓度, 很可能实现量子反常霍尔效应。本工作为未来可能发现新的体系实现量子反常霍尔效应提供了思路。

D06-34

液相剥离 SnSe 二维材料的光学性能及其能带调控研究 (oral)

黄雅洁, 李亮亮
清华大学

二维材料具有超高电子迁移率、良好机械性能等特性, 有望在超高速微电子器件、超薄柔性太阳能电池中得到广泛应用。SnSe是一种环境友好的IV-VI主族半导体, 在光电、热电等领域都具有极高的研究价值。SnSe的结构和黑磷类似, 是一种层状材料。近来, SnSe二维材料的研究也备受瞩目。目前, 研究者已经通过溶液合成, 化学气相沉积等方法得到几个原子层厚度的SnSe, 并证实其在光电、热电、储能等方面都具有良好的应用。然而, 上述方法合成SnSe二维材料的体量较小。因此, 我们的研究旨在探索SnSe二维材料的大规模制备方法, 并在此基础上研究其物理性质。我们采用液相剥离的方法成功实现了高质量SnSe二维材料的大批量制备, 并通过调控离心速度的方法获得了含有不同厚度SnSe纳米片的悬浊液。SnSe纳米片厚度均值分别为4、5、9nm。我们对制备的SnSe纳米片进行了SEM、TEM、拉曼等表征, 并研究了不同厚度样品的光学性质和能带间隙。此外, 我们采用第一性原理计算进一步研究了块体、多层以及单层SnSe的能带间隙, 对实验结果进行了验证。研究结果表明, 随着厚度减薄, SnSe的光学吸收边发生蓝移, 能带间隙显著增加。其中, 厚度最薄的样品能带间隙可达1.35eV (块体材料带隙为0.9eV)。此外, 我们采用第一性原理计算进一步研究了块体、多层以及单层SnSe的能带间隙。理论计算结果也证明随着SnSe的层数减少, 其能带间隙存在明显的增加, 与实验数据吻合。在本研究工作中, 我们通过液相剥离法实现了高质量SnSe二维材料的大批量制备, 并通过实验和理论计算同时证明随着SnSe的层数减少, 其能带间隙明显增加。我们的研究结果为SnSe二维材料的大规模制备以及能带调控提供了有益的指导, 对于实现SnSe二维材料在光电子器件、超薄太阳能电池中的应用具有较大意义。

D06-35

基于双极性二维晶体的新型纳米器件研究 (oral)

张增星

同济大学

新材料和新物理性能的发现在为开发新型功能器件，拓展传统半导体器件的物性和应用领域提供了可能。在长期的研究过程中，我们发现某些二维晶体材料，如黑磷， WSe_2 等表现出双极性行为。利用这些二维材料的特殊物理性能，我们设计制备出多种新型器件结构，如黑磷/h-BN/ MoS_2 双极性存储器 (Adv. Funct. Mater. 2015, 25, 7360)，逻辑整流和逻辑光电子器件 (Small, 2017, 1603726) 等。近来，基于双极性二维晶体的物理特性，通过半浮栅场效应晶体管 (SFG-FET) 的结构设计，我们成功制备出具有非易失性可编程功能的新颖 p-n 结结构。不同于传统的 p-n 结，通过施加脉冲电压，这种新型结构可以在 p-n 结与非 p-n 结之间动态变化，并具有存储功能。我们进一步研究了这种新型 p-n 结在光伏器件、非易失性 p-n 结存储器、非易失性光电子存储器、整流存储器、逻辑整流和逻辑光电子器件等方面的应用，相关工作已经被 Nature Nanotechnology 接收。研究结果表明二维晶体材料在制备新型纳米功能电子和光电子器件方面具有潜力，将为其进一步制备和应用提供帮助。希望利用这次大会展示我们在相关领域的系列研究成果。

D06-36

基于离子注入技术实现石墨烯的可控掺杂 (oral)

王刚¹，陈达¹，诸跃进¹，狄增峰²

1. 宁波大学

2. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

本征石墨烯的价带和导带在布里渊区中心呈锥形接触，是零带隙的半导体或半金属，只能处于常开状态，无法起到关断的作用，作为光、电器件材料有巨大的缺陷，极大地限制了石墨烯材料在光、电子领域的应用。为了实现石墨烯在微电子领域的真正应用，必须在保证石墨烯材料高质量的前提下“打开”石墨烯材料的带隙，并对石墨烯材料带隙进行调控。有效调控其带隙才能决定石墨烯材料在微电子、光电子等行业获得真正应用。针对石墨烯带隙难以调控这一难题，结合离子注入技术和化学气相沉积法 (CVD)，通过“异质原子成核-促进石墨烯再生长”两步动力学路径制备晶格式掺杂的石墨烯。通过选择注入的掺杂原子种类，实现了掺杂位于晶格位置的 P 型或 N 型的掺杂；通过控制掺杂原子的注入剂量，实现了掺杂含量的精确控制，最终达到调控带隙的目的。此外，我们利用掩膜版进行选区注入，从而在特定区域内形成石墨烯光电器件所需的水平 P-N 结，并在此基础上制作基于 P-N 结的石墨烯光电探测器。离子注入法制备掺杂石墨烯的结构稳定，掺杂量精确可控。基于石墨烯 P-N 结的光电探测器具有明显的光响应。离子注入技术与现代半导体技术相兼容，有助于实现掺杂石墨烯材料进入半导体器件领域，实现真正应用。

D06-37

ITO 替代材料与技术：全湿法技术制备柔性金属网络透明导电电极 (oral)

高进伟¹，冼志科¹，李松茹¹，周国富²，刘俊明³，Krzysztof Kempa⁴

1. 华南师范大学

2. 华南师范大学

3. 南京大学

4. 波士顿学院

透明导电电极是各种电子器件，包括触摸屏、显示器、薄膜太阳能电池等重要组成部分。目前透明导电电极一般采用金属氧化物，例如 ITO 薄膜。由于氧化物电极中的一些关键金属元素例如铟储量有限，同时金属氧化物薄膜需要真空镀膜设备和技术，这些因素导致该电极成本攀升；更关键的是由于金属氧化物的本征脆性等特征，导致其无法应用于现在日益兴起的柔性器件中。金属网络透明导电电极不仅具备较好

的光电性能，而且也表现出良好的机械柔性，是 ITO 电极重要的替代材料。低成本湿法技术（sputtering/evaporation-free）制备金属网络电极是大面积 R2R 生产的前提。本文创造性结合龟裂模板法和无电沉积技术大面积制备金属网络透明电极。该电极表现出良好的光电性能（光电优值： ~ 2000 ，光学透过率： $\sim 86.4\%$ ，表面电阻： $\sim 0.13 \Omega \text{ sq}^{-1}$ ）和机械性能弯曲（弯曲半径 5 mm 下，弯曲 1000 次，电阻变化率小于 15%）。该透明电极性能已经远远超过 ITO 光电性能以及其他类似金属网络电极，为金属网络电极的进一步批量卷对卷生产提供了一种重要的解决方案。同时，由于此金属网络透明电极具备超低表面电阻，在太阳能电池和 OLED 等光电器件中具有很好的应用前景。

D06-38

ZnO 基无 In 氧化物半导体薄膜与透明电子学 (oral)

吕建国，江庆军，冯丽莎，陈丹，闫伟超，吴传佳，叶志镇
浙江大学

ZnO 是一种 II-VI 族化合物半导体，禁带宽度 3.37 eV，是一种理想的透明电子材料。本报告中，我们将阐述 ZnO:Al 和 ZnMSnO 薄膜的生长、性能和应用。这两种材料是无 In 的，原料丰富，成本低，可广泛应用于透明电子器件。ZnO:Al (AZO) 是一种典型透明导电氧化物 (TCO)，优化 Al 含量 4 at. %，可实现室温大面积沉积，电阻率 $\sim 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ，可见光透过率 $\sim 90\%$ 。AZO 透明电极可应用于 GaN 基 LED，正向开启电压 3.36 V，发光波长 526 nm，在 20 mA 时的光输出强度 386 mcd。AZO 薄膜可在醋酸铵溶液中形成均匀的绒面结构，用于太阳能电池透明电极，单结 *a*-Si:H 薄膜太阳能电池转换效率达 10.75%。AZO 薄膜还可用于各种柔性器件中。我们开发出新型的非晶氧化物半导体 (AOS) 体系，ZnMSnO (M=Al, Si, Ti, and Nb)。Sn⁴⁺具有与 In³⁺相似的电子结构 ($4d^{10}5s^0$)，可起到电子传输通道的作用；M 元素的加入可增加材料的稳定性和致密性，抑制氧空位的形成。特别是，*a*-ZnAlSnO 性能最佳，*a*-ZnAlSnO TFT 器件参数：开关电流比 $\sim 10^7$ ，场效应迁移率 $\sim 40 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ ，阈值电压 $\sim 2.39 \text{ V}$ ，亚阈值摆幅 $\sim 0.32 \text{ V/decade}$ 。无 In 的 ZnAlSnO TFT 可望在清晰显示、3D 显示、透明显示和柔性显示领域获得广泛应用。采用 *a*-ZnAlSnO 为沟道层，AZO 为透明电极，我们还研制出全透明 TFT。我们希望我们的工作能够促进国际透明电子学的研究和发展。

D06-39

基于柔性复合衬底原位自生 ZnO 纳米结构及其性能研究 (oral)

王维，艾桃桃
陕西理工大学

传统半导体电子器件由于其基板呈刚性和脆性的特点，使之难以变形，导致其应用受到了极大的限制，不能满足人们对高品质可穿戴设备的需求。因此，新一代可延展柔性电子器件应运而生。柔性电子器件与传统光电子器件最本质的区别在于使用柔性基底取代刚性基底。本文采用水热法在 PET-ITO、PET-GR 复合柔性衬底上成功制备了特殊形貌的纳米结构 ZnO，基于 ZnO/PET-ITO (GR) 复合结构的半导体异质结电极不仅具有延展性，可承受压、弯曲等变形，还具有明显的整流特性，二极管的正向开启电压仅为 0.4 V；在 390 nm 左右产生近紫外发射；拥有较高的迁移率，最大可达 $154.109 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ；能够作为光催化剂有效降解有色偶氮染料，降解率达 41.45%等。拥有良好的电学、光学和电化学性能，在柔性异质结二极管、紫外光探测器、电容器电极和光催化剂等方面具有潜在的应用价值。

D06-40

无莫尔条纹导电膜的设计与制造 (oral)

李正，黄占东，杨强，苏萌，周雪，李会增，李立宏，李风煜，宋延林
中国科学院化学研究所

金属网格作为传统透明导体的最优替代品，但是莫尔条纹图案影响了其在显示器件里的应用。理论随上机或者非周期图案化网格可以避免摩尔条纹。为此，我们制备了一系列随机网格，这些网格不仅可以避免莫尔条纹，而其具备很好的光电性能。利用泡沫模板法，可以高效且可控的制备多种图案。通过改变图案形状，研究其对莫尔条纹的影响，证明设计的随机图案可以有效抑制摩尔图案。

墙展

D06-P01

Si(100)表面有机硫化物接枝反应机理理论研究

杨娜¹，刘许强¹，曾光¹，李唯一²

1. 中国工程物理研究院
2. 西华大学理学院

表面功能化的硅材料在硅基生物器件和太阳能转化器件等方面具有重要应用。较为普遍的硅材料表面功能化包括在硅表面形成 Si-O 或 Si-C 键等，一般经过醛、酮或烯烃等不饱和化合物对硅表面接枝完成，其形成机理研究报道较多。以有机硫化物改性硅表面相对于不饱和醛、酮的反应，具有可形成单层表面分子的优点，但其机理理论研究还未见报道。采用密度泛函方法，对 Si(100)表面有机硫化物接枝反应机理及影响因素进行研究。选取包含 82 个原子的团簇，其中反应中心的 Si 原子相邻的环境与 Si(100)表面环境类似。本工作采用高斯 09 软件，在 B3LYP/6-311++G(d,p)//B3LYP/6-31G(d)水平下完成。实验研究中采用自由基引发剂或 TEM 方法获得表面 Si 自由基。因此，首先对 Si(100)表面 Si 自由基与(*n*-C₄H₉)₂S₂ 间的反应机理进行研究。结果表明，反应经过两个步骤完成：Si 自由基与(*n*-C₄H₉)₂S₂ 经过协同的 Si-S 键形成和 S-S 键断裂过渡态，形成表面 Si-S 键和 S 自由基；S 自由基夺取邻近 Si 原子上的氢原子得到饱和并形成新的硅表面自由基。两个步骤的活化能垒分别为 56.9 和 5.4 kJ/mol。第一步是整个反应的速率决定步骤，且此反应在室温下可以进行。对(*t*-C₄H₉)₂S₂ 或(*n*-C₄H₉)₂S 与 Si 表面自由基反应机理研究结果表明，速率决定步骤的活化能垒分别为 99.9 和 107.3 kJ/mol。因此，(*t*-C₄H₉)₂S₂ 和(*n*-C₄H₉)₂S 在室温下与硅表面自由基的反应较为缓慢，不适用于用于硅表面接枝，此论与实验研究的结论一致。我们的研究表明，反应活性与接枝分子和硅表面间位阻以及有机硫化物中断裂的 S-X 键键能有关。

D06-P02

有机多分子共晶的光学性质和形貌特征的研究

王彦博，徐伟龙，杨小雨，郝晓涛
山东大学

通过改变化合物合成过程中的浓度比例可以赋予合成共晶新的特殊性质，利用优化分子堆积的手段控制非共价的相互作用有利于在有机系统中获得理想的有机共晶，有机共晶在光电材料的基础研究和应用方面将发挥重要作用。在这个工作中，以经典的 1, 2, 4, 5-苯四甲腈(TCNB)和 1, 2-二(4-吡啶基)乙烯(Bpe)按比例在自组装驱动力下合成共晶 TCNB-Bpe，通过对所有样品光致发光谱(PL)的测试能观察出不同的发光性质，晶体的结晶度随着共晶成份中 TCNB 含量的增加也会逐渐提高。共晶 TCNB-Bpe 的 PL 谱峰值在 412nm，与 TCNB 和 Bpe 单晶作对比，共晶 PL 谱明显变宽。使用扫描电镜和光学显微镜对晶体微纳结构和形貌特点进行分析，我们发现了使共晶形貌的最优化比例是 75%TCNB 的混合溶液，并合成完整的立方体晶粒。我相信这项工作为修饰有机共晶提供了一个重要的手段，新颖的光学特性可以提高。

D06-P03

基于二硫化锡纳米片的高性能背栅场效应晶体管

贾宪生^{1,2}, 唐成春¹, 龙云泽², 顾长志¹, 李俊杰¹

1. 中国科学院物理研究所

2. 青岛大学

近年来, 二维层状金属二硫化物因其独特的层状结构以及优异的电学, 光学和磁学性质引起了人们的广泛关注。作为一种重要的二维层状金属二硫化物半导体材料, 二硫化锡 (SnS_2) 在电子学和光电子学领域具有很好的应用前景。本文的目的在于提出一种高效的制备高质量二硫化锡单晶纳米片的方法, 并探索其在场效应晶体管领域的应用。在本文中, 我们提出了一种简单高效的化学气相沉积制备大面积二硫化锡纳米片的方法。在管式炉内, 设计了四个独立的控温区分别控制两种源材料 (硫和碘化亚锡) 的挥发, 反应, 二硫化锡的沉积过程。精确的控温保证了高质量的二硫化锡纳米片的合成。扫描电子显微镜照片显示, 该方法制备的二硫化锡纳米片是直立花状的, 致密的二硫化锡纳米片堆积表明了生长的高产率。拉曼光谱和 X 射线衍射图谱显示, 除二硫化锡特征峰外, 无其他杂质峰存在。高分辨透射电镜和电子衍射图也进一步验证了其高的单晶质量。能量色散光谱分析表明在制备的二硫化锡样品中, 硫和锡成分比稍高于 2, 稍微过量的硫在后续的加工过程中能防止样品氧化。将制备的二硫化锡纳米片分散到还原性溶液中并进一步转移到氧化硅/硅片上, 经过电子束曝光和热蒸发沉积工艺过程制备了钛/金双电极结构, 最终形成基于二硫化锡纳米片的背栅式场效应晶体管。测试结果表明, 其电流开关比可达 10^7 , 优于已报道的同类样品场效应晶体管。证明了我们制备的二硫化锡纳米片是一种高质量的可用于高性能场效应晶体管的二维材料。

D06-P04

TIPS-pentacene 荧光特性与分子堆栈方式的关联

牛梦思, 郑飞, 杨小雨, 毕鹏青, 冯林, 郝晓涛

山东大学

6,13-Bis(triisopropylsilylethynyl)pentacene (TIPS-pentacene) 因其良好的溶解性以及单重态裂分效应 (即一个单重态分子与邻近的基态分子相互作用生成两个三重态激子), 成为制备单重态裂分有机电子器件理想材料^[1]。本工作采用常规旋涂方法和浇铸诱导分子结晶 (DPC) 方法成膜, 并利用共聚焦显微荧光技术分别对两种薄膜的“表层”和“底部”荧光特性进行了系统研究 (“底部”薄膜通过胶带从衬底上剥离下来进行测试)。结果显示, “底部”薄膜具有强荧光特性, 荧光量子产率最大超过 40%, 而“表层”薄膜的几乎没有荧光, 荧光量子产率基本为零。极化激发荧光光谱结果表明通过 DPC 方法生长的 TIPS-pentacene 晶体, 分子取向呈现出半有序, 而对于旋涂薄膜“底部”分子则呈无序状态。时间分辨荧光光谱揭示了“底部”分子荧光寿命大约为 19ns 左右。通常 TIPS-pentacene, 荧光分为两个部分“prompt”和“delayed”, 从时间尺度来讲, 荧光来自“prompt”部分, 这就排除了“底部”薄膜的强荧光是由于 π - π 堆积造成三重态耦合导致的。而对于“表层”薄膜的结晶性, 我们进行了掠入射广角实验, 结果表明 DPC 与旋涂成膜都有很好的结晶性, 因此, “表层”薄膜的荧光是由于结晶性强导致荧光通过单重态裂分、缺陷等非辐射途径衰减。本工作揭示了在 TIPS-pentacene 薄膜中由于界面效应导致垂直方向上分子堆栈方式的不均匀性, 对于优化薄膜结构以及提高电子器件性能有重要的指导意义。

D06-P05

GaSb 基 2 微米大功率量子阱激光器

张克露

北京航空航天大学

本文通过固态源 Gen-II MBE 系统在 GaSb 衬底上生长厚度为 270nm、180nm 和 130nm 的 (AlGaIn) (AsSb) 波导层的单量子阱 (AlGaIn) (AsSb) 激光器外延结构, 结合标准宽条形激光器制备工艺, 比较不同波导层厚度的激光器性能。研究发现波导厚度参数为 130nm 时, 具有相对较低工作电压, 和较高的功率激光水平。在 15°C 下测试 130nm 波导层结构的器件, 施加 3A 直流时得到 533mW 的连续光输出, 单管

激光器的最大光电转换效率达到 12.67%，最大功率处效率为 6.9%。在 1kHz，5% 占空比的脉冲测试条件下，腔面未镀膜器件在 14A 的电流下输出功率为 1.946W；腔面镀膜情况下，激光输出功率在脉冲电流为 16A 时为 2.466W。

D06-P06

温度、钼硫源质量比对化学气相沉积法制备 MoS₂ 薄膜尺寸形貌的影响

张鑫，魏峰，赵鸿滨，徐瑶华，陈小强，梁晓平，张文强，刘钊成

北京有色金属研究总院

本文采用常压气相沉积法在具有 300nm 氧化层的硅片上生长单层和少数层的 MoS₂ 薄膜，改变生长温度和钼硫源质量比例，得到不同尺寸形貌的 MoS₂ 薄膜；研究发现，MoS₂ 薄膜的尺寸主要和温度有关，温度从 620℃ 至 700℃，MoS₂ 薄膜尺寸随温度升高而变大，最大尺寸超过 100μm，并且部分区域可以观察到连续的 MoS₂ 薄膜；温度高于 700℃，MoS₂ 薄膜的尺寸开始变小，并且容易出现四边形的 MoOS₂ 薄片。钼硫源质量比的变化对 MoS₂ 薄膜尺寸的影响不大，但是形貌会有区别，钼源占比过低，三角形的 MoS₂ 薄膜会向三角星形靠拢；钼源占比过高，MoS₂ 薄膜形状则向六边形变化。700℃ 生长的 MoS₂ 薄膜尺寸最大，并且部分区域能够观察到连续的 MoS₂ 薄膜；钼硫源的质量比例对 MoS₂ 薄膜尺寸影响不大，但是会影响 MoS₂ 薄膜的形状。

D06-P07

全无机钙钛矿纳米晶材料在光电探测器中的应用

张康宁，郝晓涛

山东大学

全无机钙钛矿材料(CsPbX₃)在有机无机杂化钙钛矿材料的基础上应运而生，虽然研究起步较晚，然而其优异的光电性能可以媲美有机无机杂化钙钛矿材料，具有量子效率高，灵敏度高（基于高光增益），波长可选（窄的发射半高宽）等优点，且稳定性更加优异，此外合成所需的原料成本也更加低廉。这些优点说明全无机钙钛矿材料在可见光探测器领域中具有巨大的应用潜力。通过使用丙酸、正丁胺和无水异丙醇等低沸点的溶剂在室温下合成 CsPbBr₃ 纳米晶材料，该方法可以工业化、大批量生产；然后将该材料用来制备光电探测器，通过旋涂法制备空穴传输层 PEDOT:PSS，活性层 CsPbBr₃ 纳米晶和电子传输层 PC₇₁BM，最后真空蒸镀 Al 电极。该探测器的性能优越，信噪比高、响应速度快，可应用于快速响应的探测领域。

D06-P08

利用上转换材料提高有机太阳能电池性能

王菲，郝晓涛

山东大学

开发利用清洁能源是解决能源危机的重要手段，也是保护环境的重大措施。聚合物太阳能电池因其材料来源广泛且价格低廉、制备工艺简单、可实现柔性大面积等优点，而备受关注，聚合物太阳能电池效率一直是研究的重难点。效率较低的原因之一是对太阳能的利用率不足，针对这一问题，我们引入了上转换材料来扩大聚合物太阳能电池的吸收光谱，增加太阳光的利用率，提高聚合物太阳能电池的效率。上转换发光材料是一种将近红外光转换为可见光的反斯托克斯材料。将上转换材料加入聚合物太阳能电池中，可以让其吸收近红外光，同时发射出可见光，而发出的可见光被活性层吸收，从而增加光吸收，提高聚合物太阳能电池的能量转换效率。实验选用了油性溶剂稀土上转换材料 NaYF₄:18%Yb,2%Er,其发射光以 545nm 为主，与 P3HT 吸收谱相吻合。将上转换材料掺入 P3HT:PCBM 的邻二氯苯溶液中,先从吸收谱、光致发光谱、以及 AFM 图等方面，探究了上转换材料的加入对活性层形貌、结晶度等的影响，然后从时间分辨荧

光光谱图入手，系统分析研究了上转换材料的加入对聚噻吩光物理过程的影响，包括激子产生，能量转移，电荷分离及激子复合过程。最后通过对上转换纳米粒子的掺杂比例的调整，得到了最优化的掺杂比例，并制备了倒置光伏器件，测试了电池在太阳光，激光器以及二者同时照射时的 J-V 曲线，外量子效率，二者结果一致。实验证明，适当掺加上转换材料会使得粗糙度变大，开路电压变小。材料的掺加提高了聚合物结晶度，减小了荧光寿命，从光物理方面诠释了器件性能得以优化的原因。而且重要的是上转换材料的加入扩大了吸收光谱，增加了光的吸收，从而提高了器件的短路电流，填充因子等。上转换材料能有效优化器件性能，在聚合物太阳能电池效率提高方面具有很好的应用前景。

D06-P09

基于离子束技术的晶圆级新型硅基异质集成材料制备

张润春^{1,2}，黄凯^{1,2}，贾棋^{1,2}，林家杰^{1,2}，张师斌^{1,2}，游天桂¹，欧欣¹

1. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所
2. 中国科学院大学

微电子技术沿“摩尔定律”已经经历了半个多世纪的高速发展，但是进入 14 nm 技术节点之后，摩尔定律中指数式增长的模式显然很难维系。这时微电子技术的发展将不再遵循等比例缩小的定律，而转向与非硅 CMOS 器件、非数字功能性器件，以及非 CMOS 工作模式器件等集成方面后摩尔时代的发展。后摩尔时代微电子技术必然依托现有成熟的硅基集成电路技术，但是其多模式发展的需求无法局限于传统硅材料，因此发展新型硅基异质集成材料显得至关重要。例如，针对 CMOS 电路与 MEMS 器件的集成，需要将不同晶型硅材料进行异质集成，制备出新型 SOI（绝缘体上的硅）材料。离子束剥离与转移技术可以从晶圆上剥离单晶薄膜，并通过晶圆键合的方法将剥离的单晶薄膜转移到异质衬底上，制备出多功能复合衬底。目前，该方法已经成功应用于大尺寸 SOI 材料的制备。离子束剥离与转移技术可以避免异质外延生长所面临的晶型失配、晶格失配、反相畴等问题。本文采用离子束剥离与转移技术成功实现了 Si(100)与 Si(111)的晶圆级异质集成，并优化了键合过程中的等离子体激活工艺，提高了异质界面质量。同时，我们将 6 偏角的锗单晶薄膜集成到了 Si(100)衬底上，并提出了锗薄膜图形化的方法解决锗与硅材料间大的热失配问题。6 偏角的锗单晶薄膜 Si(100)的异质集成将为 CMOS 电路与光电子器件的集成提供材料平台。

D06-P10

缺陷调控二氧化钒太赫兹波段光学性质及应用研究

贾棋^{1,2}，黄凯^{1,2}，林家杰^{1,2}，张润春^{1,2}，张师斌^{1,2}，游天桂¹，王曦¹，欧欣¹

1. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所
2. 中国科学院大学

作为一种典型的强关联材料，二氧化钒在 341K 时会从绝缘相转变为金属相，并且其晶体结构也会从单斜相转变成四方相。在相变过程中，二氧化钒的电阻会发生 3-5 个数量级的突变。对于红外和 THz 波段，二氧化钒在绝缘态时表现出极高的透过率而在金属态时表现出极低的透过率。因此，二氧化钒在智能窗户、滤波器、调制器、光开关等领域都具备很强的应用潜力。本征的二氧化钒材料相变温度在 341K，相变温度窗口在 1-2K 内，可以满足太赫兹数字开关和调制应用的需求。然而，太赫兹模拟高速调制和抗反射层等方面的应用需要其具备接近室温的相变温度和较宽的相变温度窗口，目前本征二氧化钒材料还无法满足。本文采用离子注入技术，将惰性气体离子注入到二氧化钒薄膜内部，在二氧化钒薄膜内引入空体积缺陷，成功将二氧化钒的相变温度从 341K 降低至 280K，实现太赫兹调制深度大于 70%，相变温度窗口大于 60K。此外，实验还发现相比于本征二氧化钒材料，惰性离子注入后的二氧化钒薄膜可以有效抑制太赫兹波段中的 Fabry-Perot 共振效应。这些实验发现都将大大促进缺陷调控的二氧化钒在未来太赫兹模拟调制器件中的应用。

D06-P11

石墨烯热致非线性光学性质

董海明¹, 黄飞^{2,3}, 刘金龙³, 徐文⁴

1. 中国矿业大学
2. 中国矿业大学
3. 中国矿业大学
4. 中国科学院固体物理研究所

石墨烯是单原子厚的二维狄拉克系统, 由于其独特的电子结构和性质, 使得该材料在高性能纳米光电器件领域具有非常重要的研究和应用价值。本工作中, 我们系统研究了石墨烯的电子热导和声子热导, 并在此基础上建立了系统的理论模型研究了石墨烯由于热效应导致的非线性光学现象。通过研究我们发现, 由于石墨烯非常强的声子和电子热导, 以及线性色散的狄拉克能谱, 使得石墨烯系统能够产生非常明显的热致非线性光学效应。我们希望该理论研究能够得到实验的验证, 并且对发展以石墨烯为基础的非线性光电材料和器件具有重要的研究和参考价值。

D06-P12

Zr-Co-Ce 吸气剂薄膜的制备与性能研究

吴华亭, 崔建东, 徐瑶华, 徐大磊, 杨志民
北京有色金属研究总院

采用磁控溅射制备吸气性能优良的 Zr-Co-Ce 吸气剂薄膜, 同时对比采用物理掩膜法和紫外光刻法对于薄膜图形沉积精度控制方面的差异。运用 X 射线衍射 (XRD)、扫描电镜 (SEM) 和比表面积分析仪 (BET) 表征和测试了薄膜的物相、形貌和比表面积, 采用动态流导法测试了薄膜的吸气性能。研究表明, 在背底真空度高于 5.0×10^{-4} Pa、溅射气压 4 Pa、溅射功率 120 W 的工艺条件下制备的 Zr-Co-Ce 薄膜呈明显的多孔柱状结构, 孔隙率和比表面积相对较大, 吸气性能也较优。同时对比了采用物理掩膜法和紫外光刻法对于薄膜图形沉积精度控制方面的差异, 结果表明采用掩膜法得到的吸气剂薄膜图形的边缘尺寸精度在几百微米范围, 而光刻法得到的薄膜图形边缘尺寸精度可以控制在几微米。通过调控薄膜沉积过程中的工艺参数 (如背底真空度、溅射气压、溅射功率等) 制备出了吸气性能优良的 Zr-Co-Ce 薄膜。同时采用紫外光刻法得到了边缘尺寸精度更高的薄膜图形, 更能适应 MEMS 封装微型化和精密化的发展趋势。

D06-P13

新型嵌段共聚物的合成及基自组装性能研究

李海波¹, 李冰¹, 刘德军¹, Mark Neisser¹, C.L. Breaux², C.L. Henderson³

1. 北京科华微电子材料有限公司
2. Georgia Institute of Technology
3. University of South Florida

大分子自组装由于其分辨率高、工艺简单、不依赖复杂的光学系统等优点是光刻领域近年来研究的热点。本论文设计并合成了一种新型的嵌段共聚物, 通过阴离子聚合得到了分子量大、分子量分布窄的共聚物, 通过小角度 X 射线散射 (SAXS) 及扫描电子显微镜 (SEM) 图像的二维快速傅立叶变换 (2D-FFT) 确定该嵌段共聚物可以形成层状结构, 并分析了不同分子量的共聚物的 L_0 。干法刻蚀实验表明两个嵌段有较高的刻蚀选择比, 可以通过干法刻蚀进行图形的转移。同时, 设计合成了与之配套的中性底部涂层, 研究了不同热处理温度及时间对自组装性能的影响。本论文合成的材料体系可以在低温下实现自组装, 旋转涂布及热处理后即可形成指纹图形, 通过对该图形的分析发现相分离后可以形成 50nm 的线条。本文也研究了不同分子量与 L_0 的关系, 并将该体系用于图形诱导的定向自组装。

D06-P14

PECVD 法制备 GaN 纳米线及其基底调控研究

冯晓宇¹, 姬宇航¹, 明帮铭¹, 张跃飞², 王如志¹

1. 北京工业大学
2. 北京工业大学

GaN 是宽禁带直接带隙半导体, 由于其较大的电子迁移率、良好的导电导热性和抗辐射性等独特的物理化学性质, 被认为是高频高温抗辐射的微电子器件的优选材料。近年来, GaN 纳米线在激光、显示等领域可能具有的重要应用也引起了人们的极大关注, 但是其可控制备技术却严重影响其应用发展。我们采用工艺简单、成本低廉的等离子体增强化学气相沉积(PECVD)方法, 成功制备出了单晶取向的 GaN 纳米线薄膜, 所制备的 GaN 纳米线为直径在 40nm 左右的六方纤锌矿结构单晶体。我们研究也发现, 通过基底调控, GaN 纳米线形貌显著不同, 结合 X 射线衍射 (XRD)、扫描电子显微镜 (SEM) 及红外光谱仪 (FTIR) 等对不同基底形成的 GaN 纳米线产物的进行表征分析, 我们进一步探索不同基底上具有不同纳米线结构的形成机制, 晶格匹配度与热膨胀系数差异可能严重影响 GaN 纳米线的生长过程与结构特性。我们的研究将为高质量的 GaN 纳米线的制备及其结构调控提供有益借鉴与工艺参考。

D06-P15

硅基 InP 晶圆级异质集成

林家杰, 黄凯, 张润春, 贾棋, 张师斌, 游天桂, 欧欣

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

21 世纪的信息技术将是以信息功能材料为基础的微电子、光电子和光子技术融合的高技术。发展光集成技术或光电集成技术, 研制低成本、高性能的光电信息器件将变得尤为重要。光电集成中的各系材料都有其独特的物理特性, 为了综合利用各系材料的不同特性, 必须发展光电材料异质集成, 例如将以 InP 为代表的 III-V 半导体材料与硅基材料异质集成。传统的硅基异质外延由于热失配、晶格失配和反相畴等问题, 所制备的异质集成材料位错密度在 10^6cm^{-2} 以上。而离子束剥离技术可以从 III-V 晶圆上剥离单晶 III-V 薄膜, 并将其转移到硅基衬底上, 实现高质量的硅基 III-V 异质集成。例如, Singh R 等人采用低温注入 He 离子的离子束剥离技术实现了硅基 InP 的异质集成^[1]。但是, 由于注入离子在 InP 中具有很高的扩散速率, 需要进行低温注入 (-20°C-20°C), 而且注入 He 离子的剂量过大, 转移后的 InP 薄膜有近 50% 的损伤; 此外, 采用 SOG 作为键合介质层, 不耐高温。为了解决这些问题, 我们采用 He 离子和 H 离子共注的方法。采用 He 离子和 H 离子共注的方法实现了室温注入和低剂量注入剥离 InP 单晶薄膜, 同时采用直接键合的方法成功的实现了两英寸 InP 单晶薄膜与硅基衬底晶圆级异质集成。通过在退火过程中原位观测不同注入工艺对 InP 晶圆表面起泡、剥离现象的影响, 利用 TEM 等微观表征手段分析注入工艺对 InP 晶圆中微缺陷形成、分布的影响, 建立了 He 离子和 H 离子共注剥离 III-V 材料的数学模型, 解释了低剂量剥离 InP 材料的物理机制。在所制备的硅基 InP 异质衬底上生长量子阱, 并得到了较好的光致发光谱。

D06-P16

宽禁带半导体的硅基异质集成研究

黄凯^{1,2}, 张润春^{1,2}, 林家杰^{1,2}, 贾棋^{1,2}, 张师斌^{1,2}, 游天桂¹, 欧欣¹, 王曦¹

1. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所
2. 中国科学院大学

以碳化硅 (SiC) 和氮化镓 (GaN) 为代表的第三代半导体材料具有较宽的禁带宽度, 一方面是制备高频、大功率、耐高温、抗辐射半导体器件的理想材料; 另一方面是制造蓝、绿等短波长的发光二极管、半导体激光器和紫外探测器等器件的首选。宽禁带半导体材料在微电子和光电子领域有广阔的应用前景。宽禁带半导体薄膜与硅基衬底的异质集成为传统硅基集成电路的功能多样化提供材料平台。目前实现硅基宽

禁带半导体异质集成主要是在硅衬底上外延生长宽禁带半导体薄膜。然而，由于薄膜材料与衬底的晶格失配和热膨胀失配，在硅衬底外延生长的 SiC 和 GaN 薄膜具有较多的缺陷,影响薄膜材料的电学和光学性能。离子束剥离技术可以从晶圆上剥离宽禁带半导体薄膜并将其转移到硅基衬底上，是一种很有前景的实现宽禁带半导体和硅基衬底异质集成的方法。离子束剥离技术主要包括离子注入剥离和键合两个工艺过程：首先，在单晶宽禁带半导体衬底注入氢离子形成缺陷层；然后，将经过离子注入的晶圆与硅衬底键合；最后，将键合结构退火，将单晶薄膜转移到硅衬底上。我们研究了离子注入工艺对宽禁带半导体剥离行为的影响，优化宽禁带半导体晶圆与硅衬底的键合工艺,实现了 GaN 和 SiC 薄膜与单晶 Si(100)衬底的异质集成,XRD、Raman 和 TEM 等实验结果表明所制备的硅基 GaN、SiC 薄膜具有高质量的单晶性能。

D06-P17

基于离子束技术的信息材料制备

周民, 黄凯, 贾棋, 林家杰, 张润春, 张师斌, 游天桂, 欧欣*

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

载能离子束技术广泛应用于微电子材料和器件的合成、掺杂与改性, 纳米加工, 材料分析, 并已成为新型集成电路材料 SOI(Si-on-insulator)制备领域的核心技术。该技术的发展直接推动了微纳电子材料与超大规模集成电路等关键领域的发展。本报告首先介绍一下信息功能材料国家重点实验室离子束材料制备与改性研究平台及其技术参数, 同时结合本课题组的研究工作简要介绍一下离子注入及低能离子辐照技术在半导体表面纳米图形化、功能薄膜及纳米结构掺杂与调控、及新型 XOI 基材料制备方面的应用。

仅发表论文

D06-PO01

微通道板热过程中芯皮玻璃界面的扩散行为

石攀, 黄永刚

中国建筑材料科学研究总院

微通道板是光电倍增管的核心元件, 其电子导电、二次电子倍增逸出、电子补偿等过程发生于微通道的表面, 而表面成分结构、形貌受到微通道板制备热过程中芯皮界面扩散行为的影响, 尤其当微孔壁厚仅有微米级尺寸, 界面扩散的影响更不容忽视。本文首先研究了微通道板制备过程中单复丝拉制、热熔压等过程下的界面扩散。然后采用压片法, 模拟微通道板制备过程中的各阶段热扩散过程。具体而言, 通过扫描电子显微镜 (SEM) 及质量能谱仪 (EDS) 对比分析了微通道板拉制、熔压的单复丝界面, 以及不同热熔合条件下芯皮玻璃压片界面的元素扩散分布状态, 并结合了玻璃网络结构, 以及各元素离子的电荷和半径的影响, 阐明芯皮界面元素扩散行为, 并简单预测扩散行为对微通道板性能的影响趋势。本文的研究结果对微通道板各阶段热过程的优化提供了理论基础, 尤其是对纤维拉制、热熔压等工艺优化有着直接的指导意义, 对微孔内壁表面成分分布和微观形貌的研究有着间接的指导意义。

D06-PO02

纳米压印制备分布反馈光栅中残胶刻蚀工艺研究

李欢^{1,2}, 谢圣文², 张宇², 黄书山², 王金良¹, 牛智川²

1. 北京航空航天大学
2. 中科院半导体研究所

分布反馈(DFB)光栅的制作是半导体激光器芯片的关键工艺,采用纳米压印技术在 SiO₂ 作为硬掩膜的 GaSb 衬底上涂上一层专用纳米压印光刻胶,将图形转移到衬底上。由于压印光刻在图形转移之后,需要去除残留在凹槽底部的胶。本文采用 ICP 刻蚀工艺对压印胶的刻蚀速率和光栅刻蚀形貌进行了研究。探讨了刻蚀腔体气压、电极功率、气体流量等工艺参数对刻蚀效果的影响。在优化的工艺条件下,最终在 GaSb 基底上获得了最小线宽为 500nm,占空比为 0.5,深度为 2 μ m 的具有垂直侧壁形貌和较小表面粗糙度的纳米光栅图形。结果表明,选择优化的刻蚀工艺参数,既能有效地改善图形转移的性能,同时也能提高所制备结构的光学应用特性。

D06-PO03

一种基于石墨烯海绵的柔性应变传感器

韩飞^{1,2}, 张国平¹, 孙蓉¹, 汪正平^{3,4}

1. 中国科学院深圳先进技术研究院
2. 中国科学技术大学
3. 乔治亚理工大学
4. 香港中文大学

在本文中,我们介绍了一种基于超薄石墨烯海绵的柔性应变传感器。首先,我们通过改性的 Hummer 方法制备出氧化石墨烯溶液,将洗涤干燥处理过的超薄聚氨酯海绵浸入氧化石墨烯溶液中,取出并将氧化石墨烯溶液挤出,放入 80 $^{\circ}$ C 氢碘酸溶液中还原 15 分钟后取出,用大量去离子水洗涤,然后在 70 $^{\circ}$ C 烘箱中干燥。重复上述操作 4 次后,得到石墨烯包覆的聚氨酯海绵(石墨烯海绵)。石墨烯包覆的聚氨酯海绵具有良好的导电性及柔性。然后,将得到的石墨烯海绵用两片半固化的 PDMS 膜封装后一起固化后得到石墨烯海绵基的柔性应变传感器。PDMS 作为封装材料为传感器提供了很好的拉伸性和回弹性。这种石墨烯海绵基柔性应变传感器可以拉伸至 80%,且可以弯曲超过 60 度,显示出了良好的可拉伸性和柔性。另外,在拉伸 80%的过程中,其灵敏度因子为 2,相比最近报道的 PDMS 作为基底的柔性应变传感器具有一定的提高(如:碳管-PDMS 柔性应变传感器,碳管-弹性体应变传感器,碳管-硅弹性体应变传感器)。通过 300 次的拉伸-释放循环测试,证明了石墨烯海绵基柔性应变传感器具有良好的可靠性。最后,通过将传感器放在人体手指以及关节处,可以检测手指弯曲变化及关节活动,显示出了其作为柔性可穿戴设备和机器人设计领域的巨大应用潜力。

D06-PO04

基于(GaSb)_{0.5}-Ge_{1.6}Te 的高数据保持相变存储器的性能研究

薛媛^{1,2}, 宋三年¹, 闫帅^{1,2}, 郭天琪^{1,2}, 沈兰兰^{1,2}, 宋志棠¹

1. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所
2. 中国科学院大学

通过原位电阻-温度测试、X 射线衍射仪分析和透射电镜相关的研究发现,(GaSb)_{0.5}-Ge_{1.6}Te 薄膜具有高的热稳定性,其结晶温度和 10 年数据保持温度分别高达 357 $^{\circ}$ C 和 251 $^{\circ}$ C,能够充分满足在航空航天等领域的要求。与 GeTe 和 Ge₂Sb₂Te₅ 相比,得到了很大的提高。分析对比发现,由于 GaSb 的掺入,相比于 GeTe,其晶粒尺寸大大减小,这有利于器件的操作速度。同时,制备了基于(GaSb)_{0.5}-Ge_{1.6}Te 的相变存储单元,并测试了其器件性能。(GaSb)_{0.5}-Ge_{1.6}Te 器件能够在 20ns 的脉冲宽度下完成写入(Reset)操作,并且在 200ns 的脉冲宽度下,Reset 的操作电压只有 1.5V,远低于 GeTe 器件。因此,(GaSb)_{0.5}-Ge_{1.6}Te 合金可以作为应用于高数据保持相变存储器的候选材料。

D06-PO05

基于相变存储器器件单元电压和电流测试的自动切换系统

闫帅

中国科学院上海微系统与信息技术研究所

通过计算机控制脉冲信号发生器、数字源表、电流脉冲发生电路、切换电路等硬件设备,实现对相变存储器器件电压脉冲测试和电流脉冲测试的自动切换测试。该系统具有直流电流-电压扫描测试、电压脉冲幅值-阻值扫描测试、电流脉冲幅值-阻值扫描测试、电压脉冲宽度-阻值扫描测试,电流脉冲宽度-阻值扫描测试,疲劳特性测试和数据保持力测试等功能。在这几种测试功能中,既包含电流测试也包含电压测试,实现了电压和电流测试的自动切换功能。此测试系统在相变存储器研发的初期,不仅提供了多种相变存储器器件测试的方法,更为相变存储器器件的测试提供了稳定的平台。

D06-PO06

稀土氧化物固态电解质 Sm₂O₃ 薄膜的阻变存储性能研究

赵鸿滨¹, 屠海令¹, 魏峰¹, 于文波², 张国成³

1. 北京有色研究总院工程技术研究院智能传感功能材料国家重点实验室
2. 北京交通大学机械与电子控制工程学院材料科学与工程中心
3. 北京有色金属研究总院稀土材料国家工程研究中心

基于传统硅材料的非易失性 Flash 存储器已不能满足未来技术节点的要求,耐久性差、写入速度低、写入操作中的电压高等问题日益突出。更重要的是,持续的器件等比例缩小使得存储氧化层厚度面临着物理极限,导致电荷泄露变得越来越严重,从而直接影响到存储器的数据保持能力。近年来,阻变存储器(RRAM)作为最有前途的下一代非易失存储技术获得了广泛的关注。与 Flash 存储技术相比,RRAM 具有高密度、低功率和读写速度快等优点。目前,在许多材料中都发现了电阻转变现象。稀土氧化物薄膜材料由于成分简单、生长过程容易控制、与目前的 CMOS 工艺兼容等特点,具有显著的应用前景。本文在室温下使用磁控溅射的方法在 Pt 底电极上沉积了 Sm₂O₃ 薄膜,制作了 Cu/Sm₂O₃/Pt 结构的 RRAM 器件。随后,我们测试了 Cu/Sm₂O₃/Pt 器件的电学特性,Cu/Sm₂O₃/Pt 器件展现了良好的双极性电阻转变行为:低的操作电压(<2 V),非常大的开关比(>10⁴),良好的耐久性(>1000 cycles)。结合 Cu/Sm₂O₃/Pt 器件在高低阻态时的电阻值随温度变化的特性,以及计算得出的电阻率温度系数,我们认为 Cu 阳离子在 Sm₂O₃ 薄膜中迁移所形成的的导电细丝的通断是 Cu/Sm₂O₃/Pt 器件发生电阻转变的根本原因。

D06-PO07

基于银纳米线的可修复复合材料的制备及其在应变传感上的应用

刘锋^{1,2}, 张国平¹, 孙蓉¹, 汪正平^{3,4}

1. 中国科学院深圳先进技术研究院
2. 深圳大学
3. 乔治亚理工大学
4. 香港中文大学

近年来,柔性可拉伸传感因其便携、较好的生物相容性等特点受到广泛的关注,尤其在医疗健康、可穿戴显示设备以及电子皮肤等领域表现出较好应用前景。为了能够更好和更有效的应用,柔性传感还应具备较高的灵敏度、低的检测限以及较好的稳定性,此外,使用寿命也是评价传感设备一个很重要的指标,延长其使用寿命可以大大降低其生产成本和维护成本。自修复材料近年来发展非常迅速,自修复材料与传统材料相比最大的特点是自修复材料受到物理损伤后在一定的条件下能够自发的恢复到其初始状态。由于自修复材料有如上特点,将自修复功能引入到柔性传感器中可大大提高传感器的使用寿命和性能稳定性。在本文中,我们通过简单的真空抽滤和转移工艺制作了一种基于银纳米线和聚氨酯的可自修复拉伸应变传感器,其结构为 PU(聚氨酯)-AgNWs(银纳米线)-PU(聚氨酯)三明治结构,其中,聚氨酯是基于 Diels-Alder 反应制得,具有热修复性能。这种结构不仅能够增强聚氨酯和银纳米线的粘合而且可以避免银纳米线网络

在拉伸回复过程中产生的平面外的弯曲变形，从而提高其拉伸稳定性。结果表明，所制得的复合材料具有较好的拉伸应变传感性能，其灵敏度因子可达到 15；对于材料表面的划伤甚至彻底的断裂都可通过简单的加热进行完全或一定程度的修复。综上所述，由于本实验所制得的 PU/AgNWs/PU 复合材料因其具有良好的应变传感性能以及自修复性能，在拉伸应变传感器中具有很大的应用潜力。

D06-PO08

溅射功率对射频磁控溅射反应制备氧化锆薄膜的影响

张鹏飞, 闫淑芳, 陈伟东, 李世江, 赵丽

内蒙古工业大学

微电子领域遵循着摩尔定律快速发展，集成电路的集成度也在不断的提高。二氧化硅薄膜作为 MOSFET(金属-氧化物半导体场效应管)栅极电介质材料一直被广泛应用。随着 MOSFET 特征尺寸的不断缩小，二氧化硅栅介质会减少到原子尺寸从而达到其物理极限，漏电流会急剧增加，薄膜可靠性变差，难以满足微电子工业的进一步发展。通过选择高介电常数(高 k 材料)的材料代替二氧化硅栅介质成为目前急需解决的问题。在保持对沟道具有同样控制能力的条件下，高 k 材料作为栅极介质层物理厚度更大，这会有有效的减少漏电流的产生，同时提高了栅极介质层的可靠性。选择栅极材料不仅要考虑其介电常数和禁带宽度，还要考虑热稳定性及与衬底的匹配性。钛酸锶，三氧化二铝，二氧化锆及二氧化铪等材料由于具有独特的物理特性而引起了学者们的关注，其中，二氧化锆具有适中的介电常数($k \sim 20$),较大的禁带宽度，与硅基体良好的热学稳定性，成为可以用来替代传统二氧化硅的高 k 材料。如何制备得到平整致密、与衬底结合良好、满足 MOSFET 器件使用要求的二氧化锆薄膜是将其应用的必要前提。本实验采用射频磁控溅射法在 p 掺杂硅基底(110)制备了二氧化锆薄膜，通过改变溅射功率来研究不同功率对二氧化锆高介电栅介质材料的相结构，薄膜微观结构与粗糙度及电学性能的影响。