

北京大学物理学院凝聚态物理与材料物理所

凝聚态物理-北京大学论坛

<http://www.phy.pku.edu.cn/~icmp/forun/2015/2015qiu.xml>

2015年第24期 (No.357 since 2001)

基于压电光电子学效应的ZnO纳米线阵列应力传感与成像系统研究

潘曹峰 研究员

摘要:

通过电子手段模拟人的感知一直是人工智能领域的重大挑战,相比于发展较为成熟的几种感觉(视觉、听觉、嗅觉和味觉)的微纳敏感器件仿生,触觉的仿生还是一个尚未攻克的难题。这需要高分辨率、高灵敏度、快速响应的大面积应力传感器阵列,是极具挑战的研究领域,全世界范围内掀起了研究热潮。压电光电子学效应反映的是光电子器件对应力和光的耦合响应,可将动态应力信息转换为可同步采集的光信号,避免电学测试中通道切换和仪器响应延迟,大大提高了应力成像的获取速度。因此压电光电子学效应在应力应变检测器方面有极大的应用前景,其与硅基技术的集成可望在智能电子签名、人工皮肤和人机接口等领域提供独特的应用。

我们将自上而下的微电子加工工艺与自下而上的纳米材料的制备有机结合起来,制备了长径比、间距、排布方式、密度、取向等可控的n-ZnO/p-GaN大规模纳米线LED阵列。并在外应力对单根纳米线LED发光强度调控的研究成果的指导下,设计和制备了由大规模ZnO纳米线LED阵列集成的应力传感器件(超过10万个LED单元)。利用压电电子学效应对LED发光强度的调控,通过对比器件中每个LED单元受力前后发光强度的改变率,重构器件承受应力的空间分布特征,构建了2.7微米高分辨率的(人类皮肤触觉分辨率约为50微米)、快速并行检测的大规模应力感应系统,奠定了压电光电子学效应及其在大规模传感成像中的应用,在人造皮肤、光子通讯等领域有极大的应用前景。该工作在*Nat. Photon.*发表后得到国际同行的高度关注。其后,将压电光电子学效应与有机半导体柔性的特点结合起来,以压电光电子学效应调控半导体纳米光电器件效率原理为基础,发展在柔性衬底上定向生长的图案化ZnO纳米线阵列,以PEDOT:PSS作为空穴传输层,研制出具有压电光电子学效应的大面积柔性PEDOT:PSS/ZnO纳米线LED阵列,实现了大尺度应力传感系统柔性化,朝着智能皮肤等领域的应用向前迈进了一大步。

自供能化和应力实时成像记录是上述高分辨率应力感应系统发展的终极目标。我们合成ZnS:Mn的纳米颗粒,通过压电光电子学效应调节能带结构,促进缺陷束缚电子的热离化与辐射复合过程,从而实现应力触发的光发射过程。基于该原理,我们设计并制备了大尺寸、高分辨率、高稳定的柔性手写数字签名器件,其在书写压力作用下的发光强度与所受压力呈准线性关系且灵敏度可调,可提供所施加动态压力、书写速度等细节个人特征的详细记录,丰富了手写签名的个人身份识别特征。这些特征使其他人更难伪造复制这种携带多种个体识别特征的签名,进而提高了手写签名的安全性。这将在数字化、信息化和网络化时代,具有非常重大的应用价值,为通信、电子商务、电子政务和信息安全等领域的信息安全提供了新的解决方案。(有关参考文献略)

报告人简介: 潘曹峰,中国科学院北京纳米能源与系统研究所研究员,博士生导师,中组部“青年千人计划”/北京市“海聚工程”入选者。2005、2010年分别在清华大学材料科学与工程系获学士、博士学位,2011与2012年先后获得北京市优秀博士学位论文奖以及全国优秀博士学位论文奖。其后于美国佐治亚理工学院材料科学与工程学院进行博士后研究。主要从事低维压电半导体力光电耦合效应及相关微纳光电功能器件研究。以构建高性能微纳光电功能器件为目标,以低维压电半导体为载体,从材料的设计和可控制备出发,探索力光电耦合效应对压电半导体光电器件性能的调制机制,研究了从单根纳米线原型器件到由大规模纳米线阵列构成的集成器件,在新型大规模柔性阵列式压电光电子学器件的设计和集成、超高分辨率应力传感及成像、高性能传感器、生物交互和控制等领域中取得了重要进展。在*Nat. Photon.*、*Adv. Mater.*、*Adv. Energy Mater.*、*Angew. Chem. Int. Edit.*、*Nano Lett.*、*ACS Nano*等期刊上发表SCI论文70多篇,引用2200多次。其中影响因子10.0以上论文50多篇。在国际顶级学术会议做邀请报告5次、口头报告6次,并担任2013年的美国材料年会春季会议W会场(纳米发电机和压电电子学)的分会主席之一,担任Nanoenergy and nanosystems 2014和2016会议光电子分会主席。

时间: 11月19日(星期四) 15:00—16:30

地点: 北京大学物理大楼中212教室

联系人: 胡晓东 教授 邮箱: huxd@pku.edu.cn

Photograph by Xiaodong Hu