可延展柔性光子/电子集成器件专辑·编者按

可延展柔性光子/电子器件改变了传统器件的刚性物理形态,极大拓展了光子/电子器件的发展模式与应用空间,已成为信息器件发展的重要方向之一.本专辑中,作者们紧密围绕可延展柔性光子/电子器件,从力学、物理、材料、化学、信息等不同领域,以多学科深度交叉驱动发展的视角,深入研究了可延展柔性器件的物理原理、新型材料、设计理论及制备方法等,并对该领域的发展趋势进行了展望.

形状记忆聚合物作为一类智能材料,具有形状可控、模量可调等特点,在柔性电子器件领域受到越来越广泛的关注.将形状记忆聚合物引入可延展柔性器件,可以更好地调节器件的物理性能,还可实现器件的变形.评述文章《面向柔性电子的形状记忆聚合物》详细阐述了形状记忆聚合物作为柔性电子基体材料和转印图章的发展过程及研究进展,并对该领域的未来发展方向进行展望.

在制备方面,评述文章《电纺纤维器件研究进展》总结了电纺工艺的最新发展,包括阵列化及特殊喷嘴结构、纤维的组装与定位等,以及基于电纺技术的纤维器件的最新研究进展,包括柔性传感器、超级电容、场效应晶体管等.在柔性纤维电子器件领域,电纺纤维具有长径比大、柔韧性强、均一性高、纤维形貌可控、制造成本低、效率高等优势,占有重要地位.

柔性材料对器件光学性能的调控是光学领域内的一个新兴研究方向,评述文章《柔性光学超材料和等离子激元的发展和应用》详细介绍了近年来在不同波段产生响应的柔性光学超材料和等离子激元器件的发展和应用.文章从光学设计、微纳加工技术、柔性基底大变形对器件力学、光学性能的调控作用等几个方面进行了评述.可延展柔性光子/电子器件由于独特的力学性质(如弯折、拉伸和卷曲等)对电磁波可以进行大范围的调控,使器件能够实现独特的光学性能.

瞬态电子器件是可延展柔性光子/电子器件的一个重要组成部分,是指当所制备的电子功能器件在完成指定功能后,其物理形态和功能可以在外界刺激触发下立即发生部分消失或者完全消失.瞬态电子器件与传统电子器件最大的区别在于其具有可降解功能,在新型具备植入式可降解能力的可延展柔性光子/电子医疗器件等领域具有重要的意义.评述文章《瞬态电子器件研究最新进展》介绍了近几年瞬态电子器件的兴起与发展,并阐述了以瞬态技术为基础的各类电子器件的潜在应用.

可延展光子/电子器件与碳纳米材料相结合,利用碳纳米管独特的电学和力学性能,可制备新型柔性红外传感器和微压力传感器.评述文章《基于碳纳米材料的柔性薄膜器件研究》介绍了两种不同类型的高灵敏度柔性红外传感器,同时阐述了多种基于碳纳米管和银纳米颗粒修饰的柔性拉力传感器等新的可延展电子器件.

评述文章《可延展柔性光子/电子集成器件及转印技术》详细阐述了可延展柔性光子/电子集成器件的定义、原理、设计、制备方法及在生物医学领域的应用等,并介绍了国际上这一领域的最新进展.针对可延展光子/电子器件的转印制备,基于界面断裂力学发展量化可控转印集成方法,并通过印章表面微结构实现界面黏附强度的调控,为可延展柔性器件的大规模制备奠定基础.

在可延展柔性光子/电子器件的数字印刷方法方面,评述文章《数字打印柔性电子器件的研究进展》系统

引用格式: 冯雪. 可延展柔性光子/电子集成器件专辑·编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2016, 46: 044601

Feng X. Special issue on stretchable and flexible photonic/electronic devices (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2016, 46: 044601, doi: 10.1360/SSPMA2016-00108

地阐述了基于柔性衬底数字打印技术的应用和研究进展, 主要包括柔性衬底上打印材料、衬底材料、数字打印技术等方面. 并列举实例, 形象地介绍了打印电子的材料和几种直写数字打印技术在二维和三维电子打印中的应用.

可延展柔性光子/电子器件的柔性环境对于 InGaAsP 量子阱增益有着重要的影响, 论文《柔性环境应变对 InGaAsP 量子阱材料增益的影响》研究了在不同注入载流子浓度下, 垂直方向和水平方向应变对于不同组分 InGaAsP 量子阱 TE、TM 模增益谱的影响. 得到重要的结论: 为保持 InGaAsP 量子阱材料增益的波动变化量不超过 30%, 增益峰位置移动量不超过 20 nm, 柔性环境对其施加的应变应控制在 3‰ 以内.

在制备方法方面, 论文《基于边缘剪切转移技术制备硅基柔性光波导》提出了边缘剪切转移技术, 实现了柔性硅纳米带阵列在柔性基底上的制备及确定性组装, 最终利用该技术制备出柔性衬底上的硅基光波导; 论文《基于银纳米线柔性可延展电路的印刷制备》阐述了通过印刷方法实现了银纳米线(Ag NWs)/聚二甲基硅氧烷(PDMS)可延展柔性电路的制备工艺, 研究了表面微结构与柔性导线拉伸电学性质的关系, 并展示了集成发光二极管的柔性发光电路.

可延展柔性无机发光二极管是一类重要的可延展无机光电器件, 由于基于无机材料的发光二极管具有效率高、寿命长、响应快、方向性好等优点, 可以用于发光照明、光遗传等. 论文《柔性微型无机发光二极管的热管理》通过理论模型研究了可延展柔性无机发光二极管正常发光工作时的无量纲温升随无量纲几何和材料参数的变化规律, 这些结果为矩形柔性发光二极管的热管理提供了理论依据.

可延展电子器件在大变形方面具有独特的力学特性, 即能够承受弯折、拉伸等大变形的作用, 同时这种大变形可对器件的物理性能特别是铁电纳米薄膜的畴结构进行调控, 论文《弯曲载荷下铁电薄膜畴结构演化行为的模拟研究》证实了力学载荷及挠曲电效应对厚度在 10 nm 级别的铁电纳米薄膜畴结构的调控, 这对于柔性铁电电子器件在纳尺度的发展有着一定的指导意义.

在可延展光子/电子器件薄膜发光二极管制备方面, 电流扩展和热效应是制备发光二极管器件性能的关键问题, 论文《基于外延剥离技术的薄膜 LEDs 的电流扩展和热效应研究》分析了条形和环形电极结构发光二极管的电流扩展问题, 为可延展柔性发光二极管的制备提供了理论研究基础.

本专辑有 13 篇文章, 作者来自不同的学科领域, 较为全面地反映了近年来我国可延展柔性光子/电子器件研究状况和进展, 并涵盖了器件原理、设计理论、制备方法和功能应用等不同层次的研究成果. 将可延展柔性光子/电子技术与生物医疗结合, 将会对健康管理和远程医疗带来革命性变化, 尤其会对老年人的监护和重大非传染慢性疾病(比如心脑血管疾病、糖尿病及神经系统疾病等)的治疗做出重要的贡献. 同时, 上述每个领域的具体研究成果与结论也可供同行学者今后参考.

冯雪
清华大学