

中国科学技术大学优秀博士学位论文推荐表

作者姓名	劳召欣	学号	BA14009004	出生年月	1989.1	民族	汉
院系名称	工程学院	电话	13695600105	毕业去向	校内博后		
指导教师	褚家如, 吴东		获博士学位日期	本次申请			
一级学科名称	仪器科学与技术		二级学科名称	仪器科学与技术			
本科毕业院校	合肥工业大学		硕士毕业院校	硕博连读			
承担主要社会工作	无						
获奖情况	2017 年 中科院院长奖学金； 2016-2017 年 博士生国家奖学金 2015 年 中国科学技术大学光华奖学金						
学位论文题目	飞秒激光打印结合毛细力自组装制备功能微结构及其应用						
学位论文研究方向	微纳米加工						
学位论文评阅专家	刘文清	黄文浩	卢荣胜	张青川	付绍军		
学位论文答辩专家	张为俊	孔德义	黄文浩	张青川	付绍军		
论文答辩日期	2017 年 6 月 4 日	论文答辩结果（通过票数/不通过票数）				5 / 0	
学位论文中文摘要							
<p>自然界中生存的生物经历了亿万年残酷的生存竞赛，为了适应环境而发展出了各种各样独特的微纳功能结构。道法自然。人类为了制造新奇的功能器件，而模仿、学习、发展生物所具有的独特微纳结构。微纳加工手段的进步大大促进了仿生学的发展，从而使得许多具有独特功能的仿生微纳器件被加工出来。但是，在传统的 top-down 技术中，这些多层次微纳结构的实现往往需要依赖昂贵的加工设备和繁复的工艺步骤。而随着模仿生物学微纳结构复杂度的不断提高，传统的 top-down 微纳加工手段越来越难以满足快速、方便制造复杂多层次微纳功能器件的要求。针对上述问题，一个可行的技术方案是将 top-down 技术与 bottom-up 技术相结合。用传统的 top-down 技术加工出相对简单的基本微纳结构单元，并控制其位置、形状、尺寸用于引导微观力（毛细力、范德华力、静电力、氢键）通过自组装方法形成规则、复杂的多层级微纳结构。</p> <p>液体蒸发过程中产生的毛细力引起的结构汇聚现象无论在自然界还是在微纳加工中都普遍存在。本文将其与飞秒激光 3D 打印技术相结合，提出了一种用于制备复杂微纳功能结构的加工方法，并对使用本方法得到的微纳结构的应用进行了研究。</p> <p>围绕飞秒激光打印辅助的毛细力驱动自组装这一复杂微纳功能结构的加工方法，本文的内容主要包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 介绍飞秒激光打印结合毛细力组装的微纳结构加工方法。对方法中的微结构受力情况进行分析。随后，以圆形微柱为例对本加工方法中结构的毛细力和支撑力进行定量计算。通过调节两种力的平衡，得到了规则的复杂多层次微纳结构。飞秒激光打印具有高度的灵活性，因此可以结合毛细力自组装方便地制备各种图案化的多层次结构。随后，介绍了本方法所获得的多层级自组装微柱结构微物体的选择性捕获、转移和释放方面的应用。 2. 通过将微结构基本单元由各向同性改变为各向异性结构，从而引导微柱结构在自组装中的受力情况。通过结构的灵活设计，得到了多样化的各向异性组装结构。随后，通过结合溶液蒸发自组装方法，创造性地将得到的结构从而获得多种材料的微粒。同时，微粒分布的位置、大小都可以通过自组装阵列结构的分布密度和溶液浓度来调节。氯化钠、碳酸钙和葡萄糖微粒的获得表明此种制备微粒的方法具有材料的普遍性。本方法能避免其他微粒生成方法所必须的多步刻蚀、化学改性等过程，简化了工艺步骤。 3. 通过进一步调节微结构基本单元的形状，将本方法用于加工大长度、仿毛细血管的微管道。所获取微管道可以拥有小于 10 微米的宽度，小于 1 微米的通道壁厚，超过 1 毫米长度，变化的管道截面。使用本方法可以在微管道的壁上可以加工出各种形状、位置、大小具有高度可控性的微/纳米孔隙用于模拟人类毛细血管和癌变血管的孔隙结构。现有的微管道加工方法很难实现同时拥有这些特点、与人类毛细血管尺寸特点相似的微管道加工。 4. 介绍了本方法在柔性基底多层次自组装结构加工中的应用。通过对比转印等柔性结构加工方法，证明了激光直写在柔性结构加工中具有灵活度高、可行性高和三维结构一次成型等优点。随后通过力学调谐手段，可以简单、方便调节柔性基底上微结构单元的分布，从而实现对柔性基底上复杂自组装结构的可逆调谐。 5. 本文还对该方法的扩展性及未来的应用进行了讨论。例如，与飞秒激光并行加工技术相结合，可以实现大面积多层次微结构更快速的加工，从而可以应用于浸润性功能结构的研究；与溅射、蒸镀等传统微纳加工手段结合，可以将飞秒激光诱导毛细力自组装技术的结构扩展至金属、金属氧化物等非聚合物材料领域。 							

攻读博士期间与博士学位论文相关的代表性成果（限列 10 项）						
发表学术论文数	11	本人第一论文数 (含导师第一本人第二)	3	专利及其它成果数		
序号	成果名称	作者排名	期刊名称	发表时间	收录情况	
1	Capillary Force Driven Self-Assembly of Anisotropic Hierarchical Structures Prepared by Femtosecond Laser 3D Printing and Their Applications in Crystallizing Microparticles	1/7	<i>ACS nano</i>	2015 .11.3	SCI 一区, IF 13.334	
2	Self-sealed Bionic Long Microchannels with Thin Wall and Designable Nanoholes Prepared by Line-Contact Capillary-Force Assembly.	1/10	<i>Small,</i>	2017 .4.1	SCI 一区, IF 8.315	
3	Laser printing hierarchical structures with the aid of controlled capillary-driven self-assembly	2/9	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)</i>	2015 .6.2	SCI 一区, IF 9.423	
4	Femtosecond laser cleaning the surface of reflective mirror in telescope.	1/8	<i>Chinese Science Bulletin</i>	2016 .1.18	EI	
5	An improved multi-exposure approach for high quality holographic femtosecond laser patterning.	4/8	<i>Applied Physics Letters</i>	2014 .12.1	SCI 二区, IF 3.142	
6	Three-dimensional chiral microstructures fabricated by structured optical vortices in isotropic material.	6/10	<i>Light: Science & Applications</i>	Accept 2017 , 6, e170 11.	SCI 一区, IF 13.6	
7	Optimized holographic femtosecond laser patterning method towards rapid integration of high-quality functional devices in microchannels.	7/14	<i>Scientific reports</i>	2016 6:33 281	SCI 二区, IF 5.228	
8	High efficiency integration of three-dimensional functional microdevices inside a microfluidic chip by using femtosecond laser multifoci parallel microfabrication	8/13	<i>Scientific reports</i>	2016 6: 1998 9	SCI 二区, IF 5.228	
9	Projection two-photon polymerization using a spatial light modulator.	5/7	<i>Optics Communications</i>	2014 .11.1 5	SCI 三区, IF 1.48	
10	Automatic nano-positioning system based on two-dimensional zero-reference gratings.	4/6	<i>Optics and Precision Engineering</i>	2014 , 9: 022.	EI	