

**实 验 报 告**

**课 程 名 称 纳米技术在现实生活中的应用**

**专 业 班 级 电25**

**未央电31**

**探微分31 \_**

**\_\_\_\_\_探微化32\_\_\_\_\_**

**学生姓名及学号 吴晨聪 \_**

**李炆东**

**蒙凯华**

**\_\_\_\_凌锦峰\_\_\_\_\_\_**

**指 导 教 师 田禾**

**实 验 地 点 集成电路学院实验室**

**2023 ～ 2024 学年度秋季学期**

《纳米技术在现实生活中的应用》课程实验报告

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验名称 | 激光直写石墨烯完成图案化 | | | | | | |
| 姓 名 | 1. 吴晨聪  2. 李炆东  3. 蒙凯华  4. 凌锦峰 | 专业 | 1. 电气工程及其自动化  2. 数理基础科学+电气自动化；  3. 化学生物学+化学工程与工业生物工程；  4. 化学生物学+高分子材料与工程 | 班级 | 1. 电25  2. 电31  3. 化32  4. 分31 | 学 号 | 2022010311  2023012776  2023012990  2023013001 |
| 实验日期 | 2023/10/26 | | 指导教师 | 田禾 | | 成 绩 |  |
| **零、实验背景**  激光加工技术是种重要的材料加工方法，具有加工精度高、灵活性好等优点。近年来，激光直写碳化技术（Direct Laser Writing Carbonization ,DLWc）作为一种新颖的聚合物碳化加工方法，因其成碳工艺灵活、常温常压加工、生成的碳材料物理化学性质可调等诸多优势，引起了科研人员的广泛兴趣激光直写碳化技术的关键工艺参数，包括如激光波长、加工氛围、激光功率、光束扫描速度等，决定着最终生成碳材料的结构与性质。  激光直写碳化技术的核心部件是激光器，按输出波长可分为红外激光器、可见光激光器、紫外激光器。激光波长决定了被加工材料对激光的反射、吸收或透射百分比，此外，光束在样品中的穿透深度也与激光的输出波长密切相关，而波长较大的红外激光器，如应用最广泛的CO2激光器，波长为10.6微米，其光子能量约为0.11ｅＶ，远远低于化学键的键能。当CO2激光器用于高分子聚合物的辐射时，CO2激光不会直接打断化学键，而是通过光热转换将材料加热，使材料发生热解／碳化反应，因此材料的碳残余率更高。因此，CO2激光器能够在较大功率下对聚酰亚胺进行碳化处理，此过程不会引起聚酰亚胺（polyimide，PI）烧蚀破坏，而是生成结构较完美的石墨稀。除了激光波长、脉冲宽度、及光束性质外，激光功率与光束扫描速度／辐照时间也是激光加工／碳化技术中常常面临并需经常调整的工艺参数。激光功率与辐照时间决定了被加工材料所接受输入能量大小及其加工温度的高低。相较于激光波长、脉冲宽度及光束形状特征等，激光功率与光束扫描速度这两个加工参数由于其便捷的调节特性，是激光加工实际生产过程中最常用的工艺调控手段。  聚酰亚胺ＤＬＷｃ技术是基于ＰＩ的可碳化性和光热转换的物理现象，利用高能激光束作为局域光热源在ＰＩ表面原位生成碳阵列。上世纪90年代，ＩＢＭ的Strinivasan团队在利用短波长（270-380nm）激光研究聚酰亚胺烧蚀行为的过程中，首次报道了高分子材料激光碳化这一现象，但该发现在当时并未引起科研人员的广泛关注。直至2014年，ＪａｍｅｓＴｏｕｒ等人在空气氛围中使用长波长的CO2激光（10.64阵）辐照ＰＩ，制备了3D多孔石墨烯结构，进而直接书写了超级电容器，并由此揭开了利用ＤＬＷｃ技术制备各种碳基电子组件的序幕。激光直写碳化技术近年来发展迅猛，除PI外，研究人员还以木头、衣物、纤维素／纸复合物甚至面包、土豆等为基体利用DLWc技术成功制备出了碳材料。其中，激光碳化PI得到的碳／石墨烯结构具有更优异的物理和化学性质，如高比表面积、高热稳定性和优异的导电性，加之基材本身具有结构可设计性，热、化学和机械稳定性好，以及碳残余率高，这使得PI成为最重要的DLWc先驱体材料，广泛用于制备各种碳基功能材料和电子组件。 | | | | | | | |
| **一、实验目的**  1、了解激光直写石墨烯的相关原理。  2、掌握相关设备的使用，  3、掌握柔性面基底两种情况下的激光直写工艺，并完成图案化打印。 | | | | | | | |
| **二、实验内容**  1. 实验准备  实验材料: PI薄膜约15\*15cm，激光直写器  2. 实验原理  利用高能量激光使PI材料碳化成石墨烯  3. 实验步骤  （1）制备基底：  利用剪刀，剪下相应大小PI薄膜  （2）完成激光直写图案化过程：  先将裁好的PI薄膜压在激光直写机下，将图片上传电脑，再调控激光的功率百分比、占比深度，准备好后，点击开始，开始激光直写，根据图片大小等待5~10分钟后，直写完毕，取出PI薄膜。 | | | | | | | |
| **三、实验结果与简析**  实验1、功率探索  本次实验小组一共打印了如下四个图案  C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\d4a04ad8d20c905a912ccc1db0b6790.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\6db958f5f8121b9770827aeca458af7.jpg C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\705fca0b87870dcf2e4375aaa61db75.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\2a742977b1d1066a9ba3796804f88e0.jpg    图1 图2 图3 图4  其中对于图1，3，我们分别进行了两次不同功率下的打印  C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\1700384798819.pngC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\1700384930738.png  对于图1，我们还进行了电阻的测量  C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\ffef0e2f52e46ff8ad8efbad0992e6b.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\88ac042d6c1196378586dc3fc7b8106.jpg  柔性面基底打印成果展示：  C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\b38b72f6478129c34c234d0153f1dcd.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\a3ae5c4c38963f2dbb3e13ec2eabe65.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\01d0bfa17f2485eab8a61278d785e9c.jpg  C:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\fdeb126b491f70e7e6addab0257fd65.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\586234e608b427d842868e0b36f092d.jpgC:\Users\37118\Desktop\CHROMR\wx\WeChat Files\wxid_o3xmy5itizry22\FileStorage\Temp\b91e082c0148cafd6507a78d3fb633a.jpg  结果简析：  通过实验，激光直写器在功率较高（50W及以上）时，其工作效率明显较高，图案颜色更深，但PI薄膜会因热量太高而有变形的趋势，若功率更高的话，可能会将PI薄膜烧穿。同时，对于较为精细、复杂的图案，高功率会导致图案模糊，图案表面附有碳颗粒的情况，无法达到想要的效果。 | | | | | | | |
| **四、实验感想**  吴晨聪：本次实验对我而言也是一次难忘的体验。相信在本科期间能够亲自复刻诺贝尔奖成果的机会是少之又少的，很感谢这门课为我们安排了本次实验，期望未来可以有更多新奇好玩的实验安排给之后选择本课程的同学。  凌锦峰：复刻SCI的论文让人很有成就感，但其目前阶段下实验的难度并不大；或许，做出SCI论文或是被誉为“突破性进展”的成果，关键在于原创性。  蒙凯华：这次实验是大学期间我的第一次实验经历，虽然实验过程较为简单，但其中探索的过程，以及实验室一楼参观时看到的各种仪器，都让我有所启发，感谢纳米技术课为我们准备的充实的实践活动！  李炆东：通过本次实验我见识到了石墨烯纳米技术的应用，虽然较为简单，确实我大学科研做实验的第一课，感谢这次机会！ | | | | | | | |

**注：实验背景部分参见：王瑞：《聚酰亚胺激光直写碳化技术的加工-结构-性能关系研究及其在太阳能海水淡化中的应用》，硕士学位论文，苏州大学，2020年。**