

四川省科学进步奖公示

项目名称：面向广义芯片的全自主系列化紫外（350~450nm）光刻机

主要完成人：胡松 赵立新 刘俊伯 王建 龚健文 钟其水 朱咸昌 杜婧 周吉 杨金

主要完成单位：中国科学院光电技术研究所、电子科技大学

提名单位：中国科学院成都分院

项目简介

以化合物半导体、先进传感器、通讯器件等为代表的广义芯片支撑了国防军事、极端装备、航空航天等重要领域的快速发展。光刻机是广义芯片加工中最核心的装备，当前光刻机及关键技术基本被美西方国家垄断，对我国实行严格出口管制并限制应用领域，充当“芯片讹诈”的主要筹码，已形成事实上的“卡脖子”。因此，突破其光刻核心技术壁垒，实现广义芯片光刻机自主可控，意义十分重大。

研制面向广义芯片的光刻设备存在三大难点：高精度光刻光场调控难、复杂基底焦面控制难、特种套刻精度保证难。自 2007 年起，在多个国家重大科技专项、国家自然科学基金、四川省应用基础研究等项目的持续支持下，中国科学院光电技术研究所与电子科大、清华大学、西安交大等单位组成联合攻关团队，以“产学研用”的模式协同攻关，历时 15 年，相继攻克多项核心关键技术，破解了这三大难题，形成五大类全自主广义芯片光刻设备，设备的技术指标达到国内领先水平，其中基底材料和尺寸适应性、特种套刻、深曝光等技术达到国际先进水平。项目取得创新成果如下：

（1）发明多维度空间光场调控技术

构建高精度光刻空间光场成像模型，引入多波长调制、掩模位相调制、时空域扫描、亚像素调制等手段，实现高质量空间光场输出；提出仿生啁啾复眼结合大偏离量非球面的光场匀化技术，解决超大面积广义芯片深曝光需求；引入多自由度成像物镜动态补偿技术，实现纳米级光场波前畸变调控，保证光刻成像光场精度。

（2）发明复杂基底的偏振调制纳米焦面控制技术

提出基于偏振调制的纳米焦面检测技术，结合空间像剪切干涉、偏振移相、差动像散调制度等手段，解决了复杂基底检焦信号误差和噪声问题，实现最高精度优于 10nm 的焦面检测，满足不同类型广义芯片光刻焦面控制需求。

（3）提出基于位相解析的特种纳米级对准套刻技术

发明基于位相解析的特种对准套刻技术，提出叠光栅和多级次光瞳互参考波前干涉两大调制方法，引入时-频域快速位相解析算法，保证了最高 $\pm 10\text{nm}$ 对准精度。建立了光刻整机复杂空间坐标映射模型，实现了对准、检焦、曝光系统等多个核心坐标系高精度解耦。

基于上述成果，形成了接近接触式、投影式、纳米压印式、数字三维式、空

间直写式五大类系列化紫外（UV）广义芯片光刻装备，获得发明专利 133 项，发表学术论文 225 篇。系列光刻机广泛应用于中国工程物理研究院、航天科技、航天科工、中船重工、中国电科、清华大学、中航电测、京东方等军工龙头单位、领军科技公司、高校及科研院所，并实现国产光刻机对外出口，创造直接经济效益 3.7 亿元，间接经济效益数百亿元。项目成果从根本上打破了欧美对紫外波段广义芯片光刻机垄断，实现了全国产自主可控。

主要知识产权目录

序号	知识产权具体名称	知识产权类别	国家（地区）	授权号	授权（标准发布）日期	发明人（标准起草人）	权利人（标准起草单位）
1	METHOD FOR DETECTING FOCAL PLANE BASED ON GRATING TALBOT EFFECT	发明专利	美国	US20160091372	2016-3-31	Zhu, Xianchang; Hu, Song; Zhao, Lixin	中国科学院光电技术研究所
2	用于传感芯片投影光刻机的空间像预测及像质优化方法	发明专利	中国	ZL202211417846.6	2023-3-31	刘俊伯,孙海峰,张清延,全海洋,杜婧	中国科学院光电技术研究所
3	基于拼接光栅莫尔条纹相位解调的纳米光刻对准方法	发明专利	中国	ZL201410085381.8	2016-4-27	程依光,朱江平,胡松,赵立新,陈磊,刘俊伯	中国科学院光电技术研究所
4	一种用于光刻设备中的光束稳定装置	发明专利	中国	ZL201010582736.6	2013-10-2	王建,赵立新,徐文祥,严伟,胡松	中国科学院光电技术研究所
5	传感芯片投影光刻机匹配方法	发明专利	中国	ZL202211416778.1	2023-3-31	刘俊伯,张清延,孙海峰,全海洋,杜婧	中国科学院光电技术研究所
6	一种基于超声波的温度场重建方法	发明专利	中国	ZL202110507379.5	2023-3-28	钟其水;朱波;陈尹胜;李辉	电子科技大学
7	一种用于 i 线大面积平板投影光刻机的物镜	发明专利	中国	ZL201410076488.6	2016-4-27	刘俊伯,赵立新,陈铭勇,朱咸昌,胡松,何渝,陈昌龙	中国科学院光电技术研究所
8	一种双面光刻工件台	发明专利	中国	ZL201610827264.3	2019-1-22	杜婧,赵立新,龚健文,杨春利	中国科学院光电技术研究所
9	FOCUS DETECTION APPARATUS	发明专利	美国	US20130027679	2013-1-31	LI, Jinlong; HU, Song; Zhao,	中国科学院光电技术研究所

	FOR PROJECTION LITHOGRAPH Y SYSTEM					Lixin; XU, Feng; LI, Lanlan; Sheng, Zhuang;	
10	一种镜片六自由度柔顺机构运动台	发明专利	中国	ZL202111 511611.9	2023-5-26	康霞;周吉;刘文静;程阳洋; 路雨桐;胡松; 赵立新	中国科学院 光电技术研究 所

论文专著目录

序号	论文专著名	刊名	类型	地区	级别	发表时间	年卷 页码	国内 作者
1	Global optimisation of source and mask in inverse lithography via tabu search combined with genetic algorithm	Optics Express	■论文 □著作	□国内 ■国外	■EI 收 录 ■SCI 收录	2022 年 07 月 04 日	2022 年 30 卷 24166- 24185	Sun, Haifeng(1,2,3); Du, Jing(1); Jin, Chuan(1,3); Quan, Haiyang(1); Li, Yanli(1); Tang, Yan(1,3); Wang, Jian(1,3); Hu, Song(1,3); Liu, Junbo(1)
2	Intensity modulation based optical proximity optimization for the maskless lithography	Optics Express	■论文 □著作	□国内 ■国外	■EI 收 录 ■SCI 收录	2020 年 01 月 06 日	2020 年 28 卷 548-557	Liu, Jianghui(1,2); Liu, Junbo(1); Deng, Qingyuan(3); Feng, Jinhua(1); Zhou, Shaolin(4); Hu, Song(1)

3	Dose-Modulated Maskless Lithography for the Efficient Fabrication of Compound Eyes with Enlarged Field-of-View	IEEE Photonics Journal	■论文 □著作	□国内 ■国外	■EI 收录 ■SCI 收录	2019 年 4 月 23 日	2019 年 11 卷 2400110-2400119	Liu, Jianghui(1); Liu, Junbo(1); Deng, Qingyuan(2); Liu, Xi(1); He, Yu(1); Tang, Yan(1); Hu, Song(1)
4	Four-quadrant gratings moiré fringe alignment measurement in proximity lithography	Optics Express	■论文 □著作	□国内 ■国外	■EI 收录 ■SCI 收录	2013 年 2 月 11 日	2013 年 21 卷 3463-3473 页	Zhu, Jiangping(1,2,3); Hu, Song(1); Yu, Junsheng(2); Zhou, Shaolin(5); Tang, Yan(1); Zhong, Min(4); Zhao, Lixin(1); Chen, Minyong(1); Li, Lanlan(1,3); He, Yu(1,3); Jiang, Wei(1)
5	Fourier-based analysis of moiré fringe patterns of superposed gratings in alignment of nanolithography	Optics Express	■论文 □著作	□国内 ■国外	■EI 收录 ■SCI 收录	2008 年 05 月 26 日	2008 年 16 卷 7869-7880	Zhou, Shaolin(1,2); Fu, Yongqi(1); Tang, Xiaoping(1); Hu, Song(1); Chen, Wangfu(1,2); Yang, Yong(1,2)