

项目名称: 与极紫外光刻光源相关联的高离化态原子光谱与参数研究

推荐单位:徐州工程学院

项目简介:

本成果属于自然科学研究领域的物理及其相关研究领域, 来源于2项国家自然科学基金项目、1项江苏省高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师项目。该成果由8篇学术代表作组成, 其中中国科学院 JCR期刊分区2区论文4篇(4篇为2区Top)。SCI收录论文引用检索报告表明, 已发表论文他引21次, 单篇最高引用8次。

“中兴事件”说明核心技术必须立足于自己, 而芯片的发展离不开光刻光源即光刻机, 目前我国用于出产芯片的高端光刻机完全依靠进口。全球最大芯片光刻设备供货商是欧盟的阿斯麦(ASML), 其最新产品极紫外光刻机单价超1亿美元, 却坚决不卖给中国。没有高端光刻机, 芯片厂商要提高工艺制程, 提升我国的半导体工艺是万万不可能做到的, 因此国产高端光刻机的发展是集成电路产业发展的重中之重。当芯片特征尺寸接近原子尺度时, 量子效应将起主要作用。考虑到当前特征尺寸的限制因素是衍射极限, 寻找短波长的崭新光刻机光源才能在未来满足大批量制造的需求。

本成果围绕如何产生极紫外光刻光源进行了详细的研究, 主要研究内容如下:

1、在对光源产生的理论机制方面, 我们不仅计算了较少电子体系的Ka X射线的跃迁光谱数据, 更进一步拓展到较多电子体系(类Mg离子), 系统研究了 $Z=19-92$ 类Mg离子的能级结构。结果显示我们的计算结果明显比其它理论值更接近于实验值, 为极紫外光刻光源提供了很好的数据值, 填补了国内外关于此部分离子的数据空白。本工作受到中科院JCR二区分区期刊《Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer》匿名审稿人的高度赞扬。“Apart from some specific issues discussed below, this is an excellent piece of work.”认为本工作是相当优秀的工作。

2、计算了类硼等电子序列内壳激发高自旋态里德堡系列的能级、精细结构、辐射跃迁、X射线波长、能级寿命等。标定其组态结构，分析其辐射跃迁率随主量子数 n 和核电荷 Z 的变化规律。计算类硼离子内壳层激发四重态的能级结构、精细结构、辐射跃迁率、俄歇跃迁率、分支率、俄歇电子能量谱等。对实验中的俄歇电子谱进行标定，同时探索总结内壳层激发态的辐射跃迁和俄歇跃迁规律，相关工作发表在中科院JCR二区分区期刊《Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer》等杂志。

3、对产生极紫外光刻光源的等离子体进行了详细的研究，解释了测量的3240~3360eV之间的类Cu到类Ge的Au的谱线，将理论结果与实验结果差异减少到了1.3eV之内。用建立的模型分别模拟了同温度不同电子密度以及同密度不同电子密度的 Al 等离子体的发射谱，以及同电子密度不同电子温度Al等离子体的布居分布。用建立的模型，解释了SILEX-I装置上产生的激光等离子体Al光谱。相关工作发表在《Radiation Effects and Defects in Solids》等杂志。

主要完成人情况表：

排名	姓名	性别	职称	工作单位	完成单位	对成果创造性贡献	曾获奖励情况
1	胡峰	男	副教授	徐州工程学院	徐州工程学院	利用组态相互作用方法对极紫外光刻光源的光谱和参数进行了详细的研究，对产生的光谱进行了辨识，建立 AI 等离子体模型加以解释。对重要发现 1、2、3 做出了主要学术贡献。是代表性论文 1、2、5、6 的第一作者或通讯作者，是代表性论文 3、4、7、8 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量80%。	2018 年淮海科学技术奖 三等奖
2	孙言	男	副教授	徐州工程学院	徐州工程学院	利用 Rayleigh-Ritz 变分方法对极紫外光刻光源的光谱和参数进行了详细的研究，探讨了能级、精细结构、辐射跃迁、X射线波长等内容。对重要发	2018 年淮海科学技术奖 三等奖

						现2做出了主要学术贡献。是代表性论文3、4的第一作者或通讯作者，是代表性论文 1、2 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量的80%。	
3	韩百萍	女	副教授	徐州工程学院	徐州工程学院	研究了泵浦和探测场共同驱动下无谱扩散时单分子（简单原子）二能级体系发射荧光光子的统计性质。对重要发现 1 做出了主要学术贡献。是代表性论文 7 的第一作者，是代表性论文 1、2 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量的 80%。	2018 年淮海科学技术奖三等奖，2016年教育部自然科学奖
4	梅茂飞	男	副教授	徐州工程学院	徐州工程学院	通过水滴之间的势能函数的研究，来借鉴原子内部势函数的计算。对重要发现 1、3 做出了主要学术贡献。是代表性论文 8 的第一作者，是代表性	

						论文 1、2、3、6 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量的80%。	
5	樊秋波	女	副教授	徐州工程学院	徐州工程学院	研究了泵浦和探测场共同驱动下无谱扩散时单分子（简单原子）二能级体系发射荧光光子的统计性质。对重要发现 1 做出了主要学术贡献。是代表性论文 7 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量的 80%。	2018 年淮海科学技术奖三等奖，2014 年度徐州市科学技术奖三等奖，2014 年徐州市城镇妇女科技创新竞赛二等奖
6	韩崇	男	讲师	徐州工程学院	徐州工程学院	利用凝聚态物理中有关电子结构的方法对极紫外光刻光源的光谱产生机制进行了详细的研究。对重要发现 1、2、3 做出了主要学术贡献。是代表性论文 1、2、6、8 的共同作者。投入该项目研究的工作量占本人平时工作量的 80%	2018 年淮海科学技术奖三等奖

代表性论文专著目录:

序号	论文、专著 名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码 年(卷):页码	发表年月	通讯作者/第一 作者(中文名)
1	Accurate multiconfiguration Dirac–Hartree–Fock calculations of transition probabilities for magnesium-like ions/Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer/ Feng Hu, Maofei, Mei, Chong Han, Baiping, Han, Gang Jiang, Jiamin Yang	2.600	2014年149卷 158-167页	2014-08-27	胡峰
2	Correlation effects for $nI-n'I'$ transitions in nine isoelectronic sequences of silver ions, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer/ Feng Hu, Maofei Mei, Chong Han, Baiping Han, Gang Jiang, Jiamin	2.600	2014年133卷 319-328页	2013-09-05	胡峰

	Yang				
3	<p>Energies, fine structures, and transitions of the core-excited sextet states $6\text{Se},o(n)$ and $6\text{Pe},o(n)$ ($n=1-5$) of B-like ions/Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer/ Yan Sun, Dongdong Liu, Maofei Mei, Chunmei Zhang, Chong Han, Feng Hu, and Bingcong Gou</p>	2.600	<p>2015年167卷 145-155页</p>	2015-09-02	孙言

4	Energy levels and radiative transitions of the K-shell excited sextet states in boron-like sulfur ion/Canadian Journal of Physics/ Yan Sun, CuiCui Sang, KaiKai Li, XinYu Qian, Feng Hu, DongDong Liu, and BingCong Gou	0.983	2016年94卷 1054-1060页	2016-08-14	孙言
5	The spectral lines of highly charged gold ions/Radiation Effects and Defects in Solids: Incorporating Plasma Science and Plasma Technology/ Feng Hu,Jiamin Yang,Jiyan Zhang,Gang Jiang	0.603	2015年170卷 138-143页	2015-03-25	胡峰

6	A K-shell model for laser-produced Al plasma/Radiation Effects and Defects in Solids: Incorporating Plasma Science and Plasma Technology/ Feng Hu,Chong Han,Maofei Mei,Jiamin Yang,Jiyan Zhang,Gang Jiang	0.603	2015年170卷 407-413页	2015-04-07	胡峰
7	Gou Photoionization Photoionization of S3+ using the Breit-Pauli R-matrix method/Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer/V Stancalie	0.924	2015年32卷 063303页	2015-06-01	韩百萍
8	Time-averaged droplet size distribution in steady-state dropwise condensation/ International Journal of Heat and Mass Transfer / Maofei Mei, Feng Hu,Chong Han, Yanhai Cheng	3.891	2015年88卷 338-345页	2015-05-04	梅茂飞