

国家同步辐射实验室（NSRL）

综述及基本情况

设施概述

国家同步辐射实验室（NSRL）是我国批准建设的第一个国家实验室，于 1984 年开工建设，1991 年竣工。实验室建有的合肥同步辐射装置（合肥光源）是目前我国唯一建在高校中的大科学装置。

实验室经过二期工程改造（1998-2004 年），性能大幅度提升，已成为我国重要的多学科交叉研究平台，知识创新、人才培养及高新技术研发的基地。

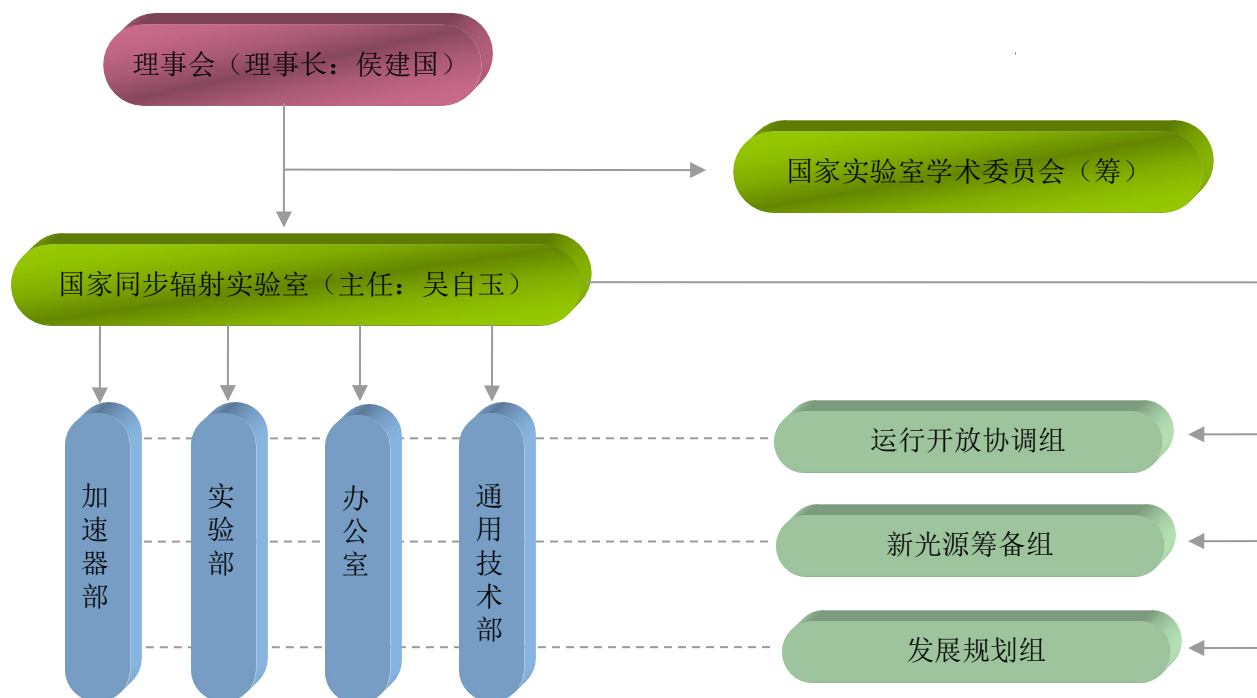
NSRL 面向国家战略需求和前沿基础科学研究，为国内各领域科学家提供长期、可靠、稳定的技术支撑。21 世纪科学技术进入了物质操控时代，为迎接未来科学技术发展的重大挑战，NSRL 正进行新的升级改造（2010-2014 年），目标是将合肥光源建设成为国际同类光源中最好水平的装置，成为合肥物质科学研究中心的重要组成部分以及我国重要的交叉科学研究基地。

主要研究目标

NSRL 致力于提升机器性能，发展新的实验技术和方法，积极引进和培养国内外高水平用户，围绕前沿科学领域和国家重大需求，为国内外众多学科领域提供独特的大型综合交叉研究平台，重点发展新能源和环境、纳米科技、量子调控、生命科学等前沿学科领域，同时围绕电子加速器前沿科学和用户需求，开展先进光源物理和关键技术研究。

在保证稳定运行、优质开放的基础上，NSRL 最终目标是建成具有世界一流水平的红外-真空紫外-软 X 射线波段的光源，成为国家综合研究基地（合肥）的重要组成部分、国家交叉科学研究中心和人才培养基地，为用户提供世界先进的实验平台，推动我国同步辐射应用研究取得创新成果。

组织结构框图



重要成果

国家同步辐射实验室研究人员与中国科学技术大学熊宇杰教授课题组合作利用合肥同步辐射装置扩展 X 射线吸收精细结构实验站发现了金属晶面对于氧分子的活化具有重要调控作用。氧分子中的电子自旋态是影响很多化学与生物体系中物种活性的关键。该项突破性的进展，有助于促进癌症光热疗材料设计的发展，对于阐明有机化学界在氧化反应中广泛使用金属催化剂的原理具有重要意义。此工作发表在《美国化学会志》上，被美国《化学与工程新闻》（Chemical & Engineering News）进行了题为“SELECT NANOCRYSTAL FACETS ACTIVATE O₂”的报道。

为了弄清不含金属的 N 掺杂的石墨烯基催化材料具有优良催化活性的原因，北京大学化学与分子工程学院马丁教授课题组在合肥同步辐射装置软 X 射线磁性圆二色实验站对该反应体系进行了准原位 XAS 研究，研究发现，在催化过程中，N 原子促进了 C 原子上氧化 C-H 键活性氧物种 C-O-O-H 或 C-O-C 的生成。这一研究结果对于确认此类催化剂催化 C-H 键活化的活性位和反应机理具有重要的指导作用，该项研究发表在《德国应用化学》。

研究进展与成果

NSRL 瞄准国际前沿和国家需求,凝练科学目标和研究领域,联合高水平用户,在材料、能源、环境等基础研究和应用研究方面取得了一系列重要成果。

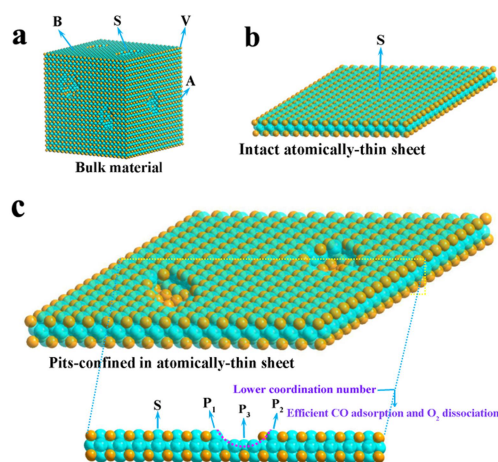
2013 年 NSRL 为第一单位发表论文 114 篇,其中影响因子大于 3.0 的 53 篇,1 区 11 篇,发表在 Angew. Chem. Int. Ed., Biotechnology Advances, Nanoscale, Carbon, Macromolecules 等国际著名期刊上。用户发表论文 84 篇,其中部分重要研究成果发表在 Angew. Chem. Int. Ed., Energy & Environmental Science, Nature Communications, PNAS, PRL, Adv. Funct. Mater. 等国际著名期刊上。实验室齐飞教授主持的“燃烧微观结构和反应动力学研究”项目获得 2013 年度安徽省科学技术奖一等奖。

SCI 收录 论文数	论文 引用数	国外发表 论文数	用户相关 论文数	获省部级 以上奖数	发明专利 授权	实用新型 专利授权	软件 著作权
128		139	84	1			

● 研究催化活性中心的新模型体系：富含表面凹坑的超薄二氧化铈纳米片

中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室谢毅院士课题组在原子级厚二维超薄结构的合成及应用领域取得新进展。研究人员利用一种新型超薄二维结构构建了一种理想的模型体系用来研究活性中心在催化过程中的作用。

课题组首先构建出了一种原子级厚的二氧化铈纳米片结构,并人为地在超薄二氧化铈纳米片的表面创造出丰富的凹坑。他们与 NSRL 韦世强教授合作,利用同步辐射 X 射线吸收精细结构谱对富含表面凹坑的超薄纳米片、完整的超薄纳米片和块材进行了详细表征。理论计算和实验结果证实了活性中心与催化活性之间的半定量关系,对推动催化领域的研究进展具有重要的科学意义和实用价值,也为研究尺度受限的超薄二维结构的催化性能开辟了新的途径。该结果以“Pits confined in ultrathin cerium(IV) oxide for studying catalytic centers in carbon monoxide oxidation”为题在线发表在 2013 年 11 月 27 日出版的 Nature Communications 杂志上。



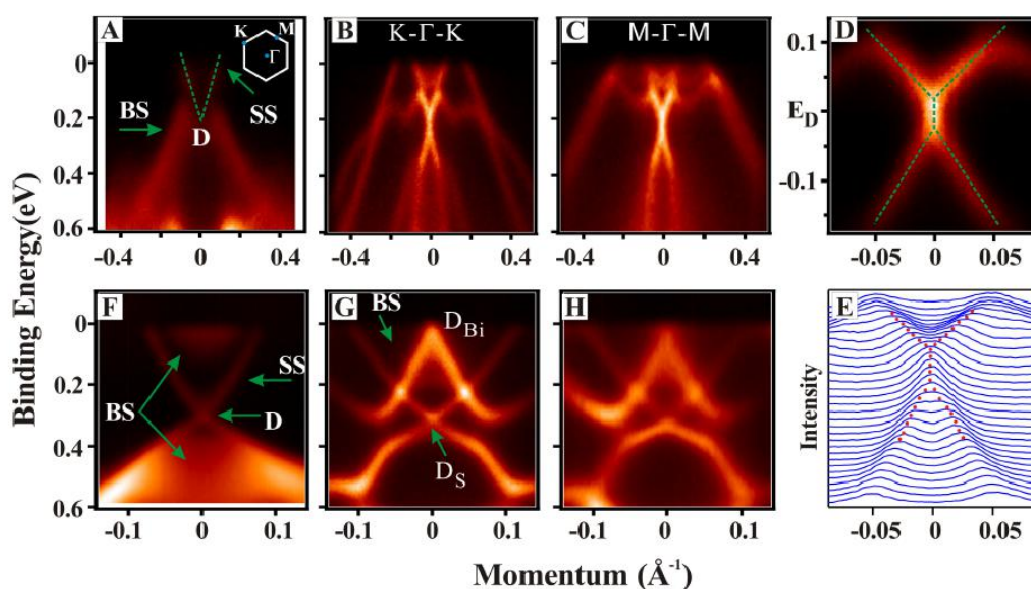
研究活性中心与催化活性之间关系的三种典型模型:(a)块材,(b)超薄纳米片,(c)富含表面凹坑的超薄纳米片。

● 人工低维结构中的 Dirac 费米子研究取得重要进展

上海交通大学钱冬、贾金锋教授领导的课题组以及美国犹他大学材料系刘峰教授课题组凭借自身在薄膜制备技术和原位表征方面的优势，利用合肥光源和美国先进光源的角分辨光电子谱（ARPES）装置，在拓扑绝缘体表面态研究方面取得了突破性进展。

研究人员利用分子束外延（MBE）技术在 Bi_2Te_3 和 Bi_2Se_3 衬底上生长 Bi 薄膜，并利用高分辨的角分辨光电子能谱技术，得到了 Bi/ Bi_2Te_3 和 Bi/ Bi_2Se_3 材料在不同温度和不同能量下的电子能带结构。通过比较 Bi/ Bi_2Te_3 和 Bi/ Bi_2Se_3 的电子结构，并且结合密度泛函理论模型计算，发现 Bi/ Bi_2Te_3 中存在的准粒子谱重整化行为很可能与双分子层 Bi 薄膜狄拉克态与衬底 Bi_2Te_3 狄拉克态在相近能级范围内的杂化有关，而当薄膜与衬底间的狄拉克态无杂化时（如 Bi/ Bi_2Se_3 ），界面态中只存在单粒子行为。这一研究成果为拓扑绝缘体研究提供了一个新的研究道路。相关研究结果发表在美国科学院院刊(PNAS 2013, 110, 2758)。

(链接: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1218104110>)



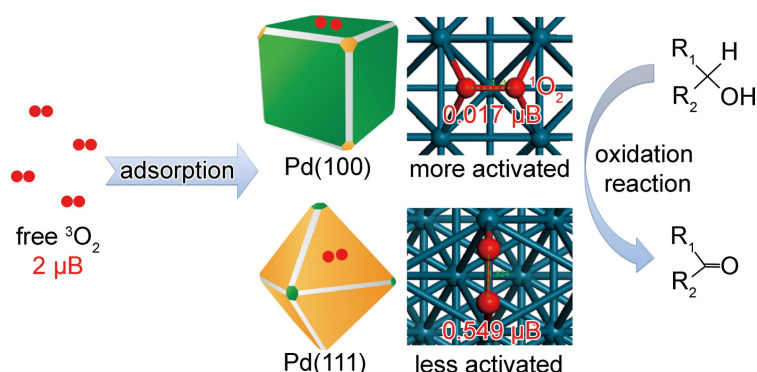
双分子层 Bi 薄膜与 Bi_2Te_3 和 Bi_2Se_3 衬底杂化的狄拉克电子态。

● 金属晶面对氧分子活化具有重要调控作用

中国科学技术大学熊宇杰教授课题组与 NSRL 研究人员合作，发现金属晶面对氧分子的活化具有重要调控作用。

氧分子中的电子自旋态是影响很多化学与生物体系中物种活性的关键。熊宇杰课题组基于先前发展的金属纳米晶体表面晶面调控技术，通过无机化学与同步辐射技术、理论化学、有机化学、物理化学等多学科的交叉合作，首次揭示了氧分子在不同钯晶面的吸附与活化行为。NSRL 闫文盛副教授依托合肥光源开展纳米晶体表面吸附氧分子状态研究，从谱学上证明了不同钯晶面上吸附氧分子的键长有一定区别，与理论模拟揭示的结果一致。通过合理的晶面选择，在分子吸附过程中可以自发地引发氧分子电子自旋态的改变。该项突破性的进展，有助于促进癌症光热疗材料设计的发展，对于阐明有机化学界在氧化反应中广泛使用金属催化剂的原理具有重要意义。

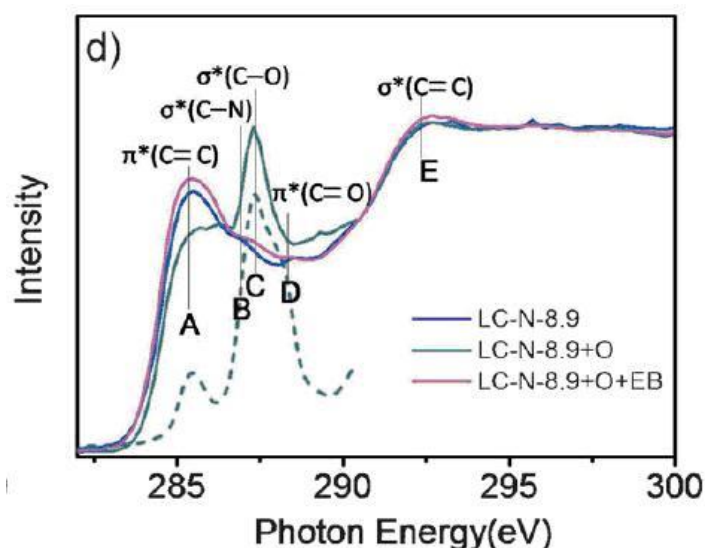
此工作发表于美国化学会志 (J. Am. Chem. Soc. 2013, 135, 3200), 2013 年 2 月 25 日被美国《化学与工程新闻》(Chemical & Engineering News) 进行了题为“SELECT NANOCRYSTAL FACETS ACTIVATE O₂”的报道。



氧分子在不同钯晶面上的活化行为差异示意图

● 氮掺杂 sp² 碳催化氧化饱和 C-H 键

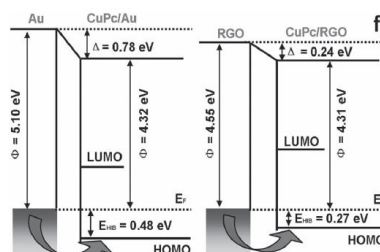
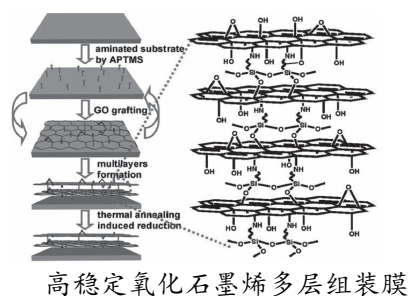
北京大学化学与分子工程学院马丁教授课题组将合成出的石墨烯基含氮碳材料成功地用于饱和 C-H 键的催化氧化反应, 该催化氧化体系具有反应条件温和、催化活性高、环境友好等优点, 在室温、水相便可实现乙苯向苯乙酮的高转化率和高选择性转化。为了弄清楚 N 掺杂的石墨烯基催化材料具有优良催化活性的原因, 马丁教授课题组利用国家同步辐射实验室软 X 射线磁性圆二色实验站对该反应体系进行了准原位 XAS 研究, 发现在催化过程中, N 原子促进了 C 原子上氧化 C-H 键活性氧物种 C-O-O-H 或 C-O-C 的生成。这一研究结果对于确认此类催化剂催化 C-H 键活化的活性位和反应机理具有重要的指导作用。[Angew. Chem. Int. Ed. 2013, 52, 2109]



不同条件下处理过的催化剂的碳元素的 K 边 XAS 吸收谱。(说明: LC-N-8.9: 含氮量为 8.9 wt% 的碳材料催化剂; LC-N-8.9+O: 用 TBHP 处理过的 LC-N-8.9; LC-N-8.9+O+EB: 将 LC-N-8.9+O 用乙苯处理 10 小时)

● 同步辐射光电子能谱技术揭示石墨烯基有机场效应管界面电子结构

中科院化学研究所刘鸣华研究员利用Layer-by-Layer (LBL)组装技术, 采用氨基硅烷 (APTMS) 做为连结分子, 成功得到共价键结合的高稳定氧化石墨烯多层组装膜 ((APTMS/GO)_N), 然后通过热处理获得层数可控的石墨烯组装薄膜 ((APTMS/RGO)_N)。该课题组进一步利用这种石墨烯组装薄膜取代金电极, 制备了 RGO/CuPc/RGO 有机场效应管 (OFET), 发现当石墨烯层数超过2层 (~2.7 nm) 时, 该器件电性能即超越同样条件下的40nm 金电极器件。为了深层次揭示器件性能提高的机制, 刘鸣华研究员与NSRL合作, 利用同步辐射光电子能谱技术, 测量了 RGO/CuPc/RGO 和 Au/CuPc/Au 两种模型器件的界面电子结构和能级排列, 发现石墨烯电极与有机功能层之间具有更低的空穴传输势垒, 导致更小的界面接触电阻, 从而得到更好的器件电性能。由此可见, 同步辐射实验技术在揭示材料结构和性质以及功能界面电子结构等方面具有独到的优势, 有助于人们从最基本的物理和化学层次去认识和揭示材料的构效关系。
[Adv. Funct. Mater. 2013, 23, 2422]



Au/CuPc/Au and RGO/CuPc/RGO 的
界面能级排列

设施建设、运行与改造

合肥光源重大升级改造项目的的主要建设目标是实现储存环直线节数目增加到 8 个，束流发射度降低到 40 纳米弧度，直线加速器满能量注入，首批完成从插入元件引出的 5 条光束线及实验站的改造建设，从而提高合肥光源的整体性能，充分发挥合肥光源在真空紫外能区的优势，推动我国在若干领域的科学研究达到国际先进水平。

2013 年，合肥光源重大升级改造项目进入设备安装阶段。

5 月，注入器主体设备安装结束；6 月，储存环主体设备安装结束；10 月，注入器、储存环的线缆、水冷、动力等配套设备安装结束；10 月-12 月，注入器微波老炼；10 月 15 日-12 月 15 日，五条光束线安装结束；11 月底，注入器和储存环各系统完成离线测试。

截至 2013 年底，注入器、储存环各系统完成开机前的准备工作。

科技队伍与人才培养

设施 人员 总数	按岗位分			按职称分			学生			在 站 博 士 后	引 进 人 才
	运行维 护人员	实验研 究人员	其 他	高级职 称人数	中级职 称人数	其 他	毕业 博士	毕业 硕士	在 读 研 究 生		
181	127	29	25	70	60	51	29	13	224	15	0

围绕 NSRL 的科研发展布局，实验室积极引进高端人才，着力打造高水平的国际化创新人才队伍，培育若干重点领域创新团队，以应对未来科学发展的重大挑战。积极联系和引进优秀人才，凝聚队伍，牵头形成创新团队，带动实验室整体队伍建设水平。建立聘期制科研人员引进和管理制度，成立一支高水平的流动科研人员队伍，成为实验室研究力量的有益补充。2013 年，实验室引进特聘副研究员 4 名，博士后进站 3 名（目前实验室在岗聘期制科研人员 29 人）。

合作与交流

2013 年，实验室积极邀请国外相关领域的著名专家来我室开展合作交流，与意大利、法国、德国等国的相关高校和研究机构建立了长期合作关系，逐步提高 NSRL 的国际影响力。因促进中意两国友好关系做出的卓越贡献，实验室吴自玉教授 2013 年荣获意大利国家最高荣誉——共和国爵士荣誉勋章。

本年度，实验室获批共计 4 个境外专家来访项目，其中包括 3 个国家外国专家局外国文教专家项目，1 个国家外国专家局高端外国专家项目，邀请了来自美国、意大利、德国、法国、日本、韩国等多个国家的同步辐射领域专家来我室进行学术交流。实验室约 30 人次出访参加国际会议及进行合作交流。

2013 年, 国家同步辐射实验室主办及联合主办了第五届同步辐射代表大会暨学术年会 (1 月 6 日-8 日)、VUVX2013 国际会议 (7 月 12 日-19 日)、燃烧化学研究前沿国际研讨会 (9 月 26-29 日)、第一届全国表面物理化学学术研讨会 (10 月 20-23 日)、2013 年中意双边会议 (12 月 4 日) 等学术会议。

大事记

1 月 6-8 日, 第五届同步辐射代表大会暨学术年会在广东省深圳市召开;

1 月 8 日, 储存环 1/8 单元试安装研讨会召开;

4 月 16 日, 合肥光源重大维修改造项目技术指导委员会第二次会议召开;

5 月 18-19 日, 举办 2013 年科技活动周活动;

6 月 5 日, 中科院詹文龙副院长一行莅临指导;

7 月 7 日-14 日, 举办第三届交叉学科夏令营;

7 月 12-19 日, 第 38 届国际真空紫外和 X 射线物理会议在安徽省合肥市召开;

7 月 19 日, 中科院丁仲礼副院长一行莅临指导;

9 月 16 日, 国家自然科学基金委创新研究群体“基于同步辐射装置的新方法与能源材料研究”项目正式启动。

单位通讯录

地址: 合肥市合作化南路 42 号

邮编: 230029

网址: <http://www.nsrl.ustc.edu.cn>

电话: 0551-63602034, 0551-65132231

联系人: xiayi@ustc.edu.cn

编委及责任编辑

编委: 吴自玉

责任编辑: 夏轶