

科研进展*

利用 Gutzwiller 密度泛函理论研究 Na_xCoO_2 相图取得新进展

Na_xCoO_2 自被发现以来一直是研究的热点。物理所方忠、戴希研究员和王广涛博士利用 Gutzwiller DFT 方法对 Na_xCoO_2 进行了系统的研究,解决了这一体系中第一性原理计算(DFT)和角分辨光电子谱(ARPES)关于电子结构的争论。他们发现: Na_xCoO_2 ($0.0 < x < 1.0$) 的整个掺杂区域可分为 3 个:(1)对于 $x > 0.6$ 的区域,由于费米能级附近的范霍夫奇点引起的 Stoner 磁性金属态;(2)在 $0.3 < x < 0.6$ 区域,体系是弱关联效应的非磁性金属,同时能带的空穴型费米面不存在,能带的宽度大约是 LDA 结果的一半,这点与 ARPES 结果非常吻合;(3)在 $0.3 < x$ 区域,能带的空穴型费米面开始出现,关联效应迅速增强。在整个掺杂区域我们计算的准粒子性质和实验结果非常一致。相关结果发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

二硼化镁多带超导电性研究取得重要进展

物理所闻海虎小组与北京大学物理系庄承钢博士、美国宾州大学郝小星教授合作,测量不同杂质浓度的二硼化镁薄膜的磁阻和 Hall 效应。他们在纯净的二硼化镁薄膜上面观察到强的磁阻效应(100% at 9T, 45 K),对应着有明显的非线性 Hall 效应。结合理论分析和第一性原理计算(与物理所施均仁研究员和姚裕贵研究员小组合作),他们第一次在多带超导体中获得了每个能带电子的散射率,甄别出杂质散射和声子散射的不同贡献。该工作将开辟研究多带超导体中电子散射研究的新途径,具有一定的普适性,可以向其他多带系统推广。该工作发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

提出一种新的可能的超导机制

物理所戴希、方忠研究员与香港大学合作,研究了 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ 中超导电子配对这一重要问题。他们提出了一种新的可能的超导机制:两个几乎简并的轨道上的电子,通过铁磁的 Hund 耦合形成轨道单态-自旋三态的超导态,宇称为偶。分析表明,与轨道无关的无序性,不会破坏这种超导态。这就解释了为什么 Fe 基超导体对非磁性杂质所引起的无序并不敏感。另外,如果降低两个轨道之间的简并程度,超导现象会被压制,同时导致 Bogoliubov 准粒子谱就会呈现各向异性。而 Bogoliubov 准粒子谱的各向异性会导致 Feimi Pockets 的存在,这还有待角分辨光电子谱实验的进一步证实。相关结果发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

Fe 基超导体研究取得新进展

铁基超导体是目前超导和强关联电子系统研究领域关注的热点之一。物理所王楠林、雒建林、陈根富等研究人员继续在这一领域取得系列进展。

* 收稿日期:2008 年 11 月 5 日

他们用助熔剂方法生长了多个体系的高品质晶体;对生长的 $\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4}\text{Fe}_2\text{As}_2$ 单晶样品进行了细致的低温红外光谱测量,在反射谱和电导率谱上观察到超导能隙打开导致的变化。实验表明铁基超导体是处于脏极限情形,超导态下反射谱具有 s 波配对特征谱型。他们估算了凝聚的超流电子浓度和 London 穿透深度,通过与电导率虚部比较,发现损失的面积主要源于低能区域, Ferrell-Glover-Tinkham 求和定则在较低能量区域得以满足。这与欠掺杂的铜氧化物高温超导体显著不同。该工作发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

与美国田纳西大学戴鹏程教授小组合作,利用中子散射研究了多个系统的磁结构和磁激发,发现 $\text{CeFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ 体系母体 FeAs 面内的磁结构与 LaFeAsO 体系相同,为条纹(或 collinear)反铁磁有序。揭示了超导转变温度和 Fe-As-Fe 键角(因而带宽与库仑排斥能之比)之间的关系。该工作发表在 *Nature Materials* 上。美国斯坦福大学物理系 Steve Kivelson 对该文所确立的电子相图的意义进行了评述,并将在 News & View 栏目登出。另外他们对 SrFe_2As_2 母体单晶的磁激发进行了详细研究,发现除了弹性散射的 Bragg 峰,磁激发谱在很低能量具有一个自旋能隙、较高能量有自旋波激发,并确定了有效 Heisenberg 模型的磁交换耦合常数。该工作发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。他们还用非弹性中子散射研究了 $\text{CeFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ 体系 $\text{Ce}4f$ 电子的晶体电场效应,实验证明 Ce 离子的晶体电场激发与 FeAs 层的长程磁有序和自旋涨落密切相关。该工作也即将发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

我国首台低温超导除铁器研制成功

高能物理所与山东华特磁电科技股份有限公司联合,成功研制出我国第一台低温超导除铁器。该除铁器的关键核心部件——低温超导磁体,是高能物理所运用建造大科学装置“北京谱仪”所掌握的超导技术,继成功建造我国最大的单体超导磁铁后,经过近两年的攻关研制成功的。这一工业实用超导磁体具有 0.93 米的大口径,最高磁场场强高达 5.6 特斯拉,中心磁场场强 3 特斯拉,储能为 3.4 兆焦耳。由它来产生去除煤炭等原料中的铁磁性杂质所需的强大磁场,具有磁场强度高,磁场梯度大,吸铁能力强、重量轻、能耗低,运行节能环保等普通电磁除铁器无法比拟的优点。由中科院理化所周远院士担任组长的专家鉴定组认为,该技术(样机)设计先进、工艺合理,属国内首创,其性能达到国际先进水平,已具备专业化试生产条件,建议对该技术进一步完善,尽快推广。低温超导除铁器的研制成功,标志着中国已具备将低温超导技术应用于工业生产的能力,再一次证明国家大科学工程是科技创新的沃土。低温超导除铁器的研制成功也为我国研制 3 特斯拉的核磁共振超导磁铁提供了经验。



有机场效应晶体管的研究再获新进展

近年来,作为有机光电器件重要组成部分,有机场效应晶体管受到了学术界和工业界的关注。目前高性能有机场效应晶体管的性能已基本达到了实用化的要求。化学所有机固



中国科学院

体院重点实验室研究人员发展了利用铜和银修饰方法来代替金作为有机场效应晶体管的源漏电极,制备了高性能的器件,之后他们利用低功函数的铜为源漏电极制备了高性能的上电极结构的有机场效应晶体管,美国评论性杂志 *High-tech Materials Alert* 对该结果进行了专门报道。近期,该实验室在有机场效应晶体管电极研究方面又取得了新进展,相关研究成果申请了中国发明专利并发表在近期的 *Adv. Mater.* 上。该论文发表后,被自然出版集团的网络周刊以 Featured highlight 形式报道。

成功实现光控有机-无机半导体异质结纳米线的可控构筑

化学所有有机固体院重点实验室的科研人员在光控有机/无机 P-N 结纳米线的构筑研究方面取得了新进展,实现了有机/无机半导体 P-N 结纳米线的可控构筑,获得了基于 CdS-PPY 的 P-N 结纳米线,该纳米线是由单晶的 CdS 纳米线和无定形 PPY 构成的,有机/无机材料之间具有清楚、致密而均匀的结。利用单根 P-N 结纳米线构建了微电极,研究表明该 P-N 结纳米线具有优良的整流特性,特别重要的是其电学性能可以通过调节入射光强度实现调控。研究结果发表在 *J. Am. Chem. Soc.*。文章发表后,立即被 *Chemical & Engineering News* 作为 Science & Technology Concentrates 报道,该刊认为,该研究很有可能导致新型微型电路的产生和应用的新材料;美国加州大学洛杉矶分校 Richard Kaner 教授在 *Adv. Mater.* 杂志上撰写的进展报告中专门评述了该工作。

电纺丝制备纳米纤维材料取得新进展

上海硅酸盐所常江研究员课题组利用电纺丝技术成功制备出具有可控宏观结构和微观形貌的三维管状纤维材料。该技术普适性强、操作简单,制备的管状材料具有三维宏观结构和纳米纤维微观取向可控等优点,在生物医学特别是组织工程及再生医学方面(尤其作为血管、气管和神经导管等临床修复替代材料)以及过滤、催化等工业领域具有非常广阔的应用前景。该研究工作已经发表在国际著名杂志 *Nano Letters* 上,并申报发明专利。该篇文章还被 *Nature China* 选为最新研究亮点。

电磁干涉屏蔽与吸波材料研究取得创新成果

上海硅酸盐所刘茜研究员课题组与潘裕柏研究员课题组合作,利用有序介孔碳材料取代常见的碳纤维、碳纳米管、石墨等填充到二氧化硅基体材料中,采用热压烧结的方法制备出了新型的有序介孔碳/二氧化硅复合陶瓷材料。这种复合材料表现出了非常优异的微波干涉屏蔽性能,掺杂 10 vol% 有序介孔碳的复合材料对微波(8—12 GHz)的干涉屏蔽效率为 40 dB,明显高于相同含量碳纳米管掺杂的复合陶瓷材料(干涉屏蔽效率为 30 dB)。经检测表明,在 10 GHz 波段处,该复合材料对微波的吸收占总屏蔽效率贡献的 87.5%。此外,有序介孔碳/二氧化硅复合陶瓷材料制备方法较简单,不需要复杂的设备。该复合材料在电磁波的干涉屏蔽和吸收方面具有潜在的应用前景。该研究工作发表在国际著名杂志 *Advanced Functional Materials* 上,期刊的审稿人对该工作给予了较高评价。

我科学家为揭开鸟类起源、飞行起源及羽毛起源之谜再添新证据

古脊椎动物与古人类所的张福成、周忠和、徐星、汪筱林和 Corwin Sullivan 近期发现了一块与鸟类极具亲缘关系的恐龙化石,为揭开鸟类起源、飞行起源及羽毛起源之谜等均提供了新证据。该新物种被命名为 *Epidexipteryx hui*, 中文种名定为胡氏耀龙。系统发育分析表明,胡氏耀龙属于鸟翼类,代表了和鸟类关系最为接近的恐龙之一,该发现对研究鸟类的起源具有十分重要的学术价值。不同于其它已知恐龙,胡氏耀龙长有 4 枚长长的带状尾羽,目前这 4 枚尾羽只有近段保存,约 20 多厘米,略等于它的骨骼体长(从头到最后一枚尾椎)。这样的话,胡氏耀龙全长(包括骨骼和尾羽)将超过 40 厘米。更加有意思的现象是,胡氏耀龙的其它羽毛均未形成类似鸟类飞羽的构造。因此,虽然胡氏耀龙的前肢长于后肢,形成了类似原始鸟类的前肢,但由于没有飞羽,胡氏耀龙并不具有飞行能力。相关论文“来自中国长有带状长尾羽的奇特侏罗纪手盗龙”发表在最新出版的 *Nature* 杂志上。



关于突触可塑性的最新发现

上海生命科学研究院神经科学所博士研究生徐春和赵漫夏在蒲慕明研究员和章晓辉研究员指导下完成的关于 GABA 能突触可塑性的发生模式和机理的重要研究工作,被 *Nature Neuroscience* 于 10 月 26 日在线提前发表。他们在急性分离的大鼠海马脑片中进行了系统的电生理研究,发现发育早期 GABA 能突触的可塑性表现出神经元活动频率依赖的特性——高频率神经元相关活动引起突触效能的长时程增强(LTP);而低频活动则引起长时程减弱(LTD)。并且,GABA 能突触传递中的 GABAB 受体信号在高频活动诱导的长时程增强(LTP)中起着门控机制,能调制此突触可塑性的频率依赖性。通过进一步的研究表明,高频神经元活动通过增强了突触后细胞胞内 CaMKII 激酶活性和细胞膜上 Cl⁻ 转运体活动,进而改变胞内 Cl⁻ 浓度而产生 LTP。GABA 突触在发育早期介导兴奋性的传递,对神经网络的形成和重塑起着关键作用。因此,该研究揭示了发育中 GABA 能突触可塑性的发生模式和细胞分子机制,阐明了神经环路建立中 GABA 能突触连接的自我精细修整(refinement)的工作方式。

发现神经元形态发生新机制

异戊二烯基转移酶 Geranylgeranyltransferase I (GGT)因能够介导蛋白的翻译后脂化修饰,从而导致多种信号蛋白(包括 Rho 家族的小 G 蛋白)的膜转运,成为肿瘤治疗的靶点,但在神经系统的作用完全未知。上海生命科学研究院神经科学所博士生周秀萍等,在罗振革研究员指导下,对该酶在神经发育中的作用进行了深入研究,发现神经活动和脑源性神经营养因子(BDNF)增强 GGT 的活性,后者引起 Rac 小 G 蛋白的膜转运,Rac 的膜定位对于



中国科学院

后继激活以及树突分支是必需的。进而发现 GGT 与 BDNF 的受体 TrkB 具有直接相互作用并受神经活动的调节,阻断 TrkB 与 GGT 的相互作用可以抑制神经元去极化和 BDNF 引起的树突发育增加。另外,把实验鼠放在新奇的环境中能使海马区 GGT 的活性快速升高,同时促进 Rac 的膜定位。该研究揭示了神经活动和 BDNF 促进树突发育的新机制。*PNAS* 在线发表了该研究成果。

水稻重要功能基因及其驯化研究新进展

上海生命科学研究院植物生理生态所的科研人员最近在水稻功能基因研究方面取得新突破,两篇有关水稻重要功能基因及其驯化研究论文同时在线发表在近期的 *Nature Genetics* 上。

(1)籽粒灌浆直接影响水稻的最终产量。由于技术的限制,育种专家一直无法直接对籽粒灌浆性状及其基因进行有效的选择,成为育种的瓶颈问题。何祖华研究组与国内外科学家合作,在筛选水稻遗传资源的基础上,通过构建遗传定位群体,成功分离了控制水稻籽粒发育中蔗糖运输卸载和灌浆的关键功能基因 G1F1,研究表明 G1F1 是水稻驯化过程中起重要作用的一个基因。首次证明一个驯化的作物基因通过适当的基因表达调控,仍然可以改良作物的经济性状,为水稻高产分子设计育种提供了一种新的选择。

(2)水稻的产量与其自身的株型和分蘖也密切相关。栽培稻的祖先——普通野生稻具有匍匐生长和分蘖过多的株型特征,不利于密植高产栽培。林鸿宣研究组经过多年的潜心研究,从“海南普通野生稻”中成功克隆了控制水稻株型驯化的关键基因 PROG1。实验结果表明,该基因编码一个功能未知的锌指蛋白,其作为转录因子新基因对水稻株型的发育起重要调控作用;在海南野生稻与栽培稻之间该基因的编码区有一个碱基的变异引起氨基酸的替换,推测该氨基酸的替换在人工驯化过程中被选择,这是导致野生稻的匍匐生长和分蘖过多的不利株型转变为栽培稻的理想株型(直立生长和分蘖适当)的主要原因,该推测也得到了转基因水稻的验证。此研究成果首次阐明了水稻株型驯化的分子遗传机理,为作物人工选择驯化提供重要的分子证据,同时也为作物株型发育的分子遗传调控机理研究和高产株型分子育种提供了有价值的新线索。

免疫分子起源和进化研究取得新进展

揭示物种特异的免疫相关新基因的起源及其产生的分子遗传机制和动力学规律是当今进化免疫学研究的核心科学问题。其研究成果将有助于人类更好地认识物种生态适应的进化机理及自然指导的药物设计。动物所朱顺义课题组以脊椎动物特有的宿主防御肽 Cathelicidin 为模型,系统研究了该基因家族起源的早期历史以及结构多样性和功能分化的进化机制。一系列创新性成果发表在国际著名刊物 *Trends in Microbiology*, *The FASEB Journal*, *Cellular and Molecular Life Sciences* 以及 *Molecular Immunology* 上。

该系列研究工作的意义在于:(1) 证明了脊椎动物能够通过修饰祖先遗传下来的免疫相关的结构支架组装在获得性免疫反应中起关键调节作用的新基因;(2) 提出了多域免疫分子域之间存在不同适应性进化机制的新假说;(3)复活了世界上第一个“化石”宿主防御

肽(命名为 PR-38),为建立“化石”基因在免疫分子起源中的关键地位提供了新的视野。我们的工作有可能加快进化免疫学在新基因起源方面的研究步伐。

神光 II 多功能高能激光系统研制项目通过验收

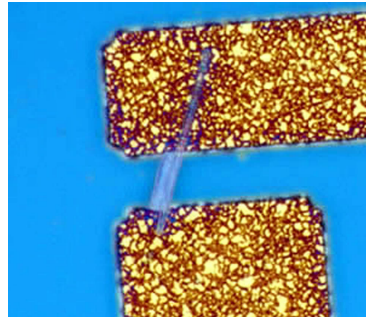
上海光机所高功率激光物理联合实验室承担的“神光 II 多功能高能激光系统研制”(简称第九路)项目最近通过了由中国科学院、中国工程物理研究院、国家高科技“863”计划专题组联合组成的验收委员会的验收。验收委员会听取了第九路研制的技术和工作总结报告,监理组的监



理工作报告,验收测试组的测试报告以及项目经费审查报告、项目文档资料审查报告和用户使用报告,经过审议和讨论,一致认为:(1)第九路研制项目于 2002 年 10 月正式立项,2004 年实现了全光路通光和总体激光发射。2006 年,除大光斑均匀照明的直接测量外,其余各项指标均达到了合同规定的要求。2008 年上半年进行了大光斑均匀照明直接测量。两个阶段的验收测试结果表明第九路已经全部完成合同规定的各项技术指标要求。(2)第九路于 2005 年初开始提供打靶试运行,迄今已单独或与八路激光一起,累计打靶发射 1 000 余次,成功率达到 80%。第九路输出激光作为探针光或高压冲击波的驱动源,在内爆压缩、流体界面不稳定性、不透明度、材料高压状态方程、实验天体物理学、X 射线激光及其应用等各类物理实验中,发挥了重要的作用。(3)在第九路研制过程中采用了自主研发的若干单元技术和先进元器件,综合了联合室多年发展高功率激光装置的理念,短时间内完成了高性能的激光系统,为物理实验提供了重要保障。

我国首个 ZnO 纳米棒场效应晶体管研制成功

ZnO 是一种新型宽禁带多功能半导体材料。ZnO 纳米材料(纳米线、纳米棒、纳米带、纳米环等等)具有较常规体材料更为优越的性能,在传感、光、电等诸多领域有着广阔的应用前景,引起了国际学术界的极大关注。目前,国内的研究集中在材料生长和二极管器件制备方面。微电子所张海英研究员课题组,使用中国科技大学提供的材料,独立开发出一套全新的“由下至上”的纳米器件设计和制备方法,采用常规的接触式光学光刻技术,以 ZnO 纳米棒作为沟道,与栅氧、背面栅金属形成金属-氧化物-半导体结构的场效应晶体管,获得了满意的器件测试结果,标志着国内首个背栅 ZnO 纳米棒场效应晶体管的研制成功,填补了国内在该领域的空白。场效应晶体管研制的成功为新型纳米器件及其应用开辟了全新的研究领域,课题组将继续深入合作,协助材料生长方制备出直径更细的纳米线,进一步完善器件工艺,提高器件性能,为实用化解决关键技术问题。



中国科学院