

# 科研进展

## 我国科学家提出自旋流正确定义

物理所施均仁研究员与北京应用物理和计算数学研究所张平研究员, Texas at Austin 大学牛谦教授及其博士生肖迪合作, 深入研究了自旋流的概念, 发现传统定义的自旋流是不完整与不可测量的。正确定义的自旋流算符应该是自旋位移算符(即自旋与位置算符的乘积)对时间的全导数。只有这样定义的自旋流才能满足非平衡态热力学的基本要求, 从而可以在实验中直接地测量。该工作解决了自旋电子学领域的一个基本问题, 对后续的研究有着重要的意义。如, 日本的 Nagaosa 小组利用这个定义对半导体材料中的自旋霍尔效应重新作了计算, 发现在只有非磁性杂质的半导体材料中并不存在自旋霍尔效应, 这与之前的结论完全不同。研究结果发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

## 超导高电荷态 ECR 离子源主要性能达国际最好水平

近代物理所承担的院知识创新工程重大项目“超导高电荷态 ECR 离子源”建成出束。在 18GHz 微波频率和 1.5—2kW 微波功率下的初步调试结果为:  $^{16}\text{O}^{6+}$  和  $^{16}\text{O}^{7+}$  束流强度分别达到了 2.2mA 和 0.7mA,  $^{40}\text{Ar}^{11+}$  束流强度达到了 0.58mA, 这是目前该领域国际上的最新流强记录。上述离子束流强已超过美国 LBNL 超导 ECR 源 VENUS 在 28GHz 微波频率和 5kW 微波功率下的调试结果, 表明这一自主创新研制的超导高电荷态 ECR 离子源 SECRAL 的主要性能达到了目前国际上的最好水平。SECRAL 是目前国际上第三代高电荷态 ECR 离子源的典型代表之一。其特点是采用了全新的超导磁体结构, 创造性地把产生六极场的六极线包置于产生磁镜场的轴向线包外部, 从而大幅度减小了超导线包之间的作用力, 降低了加工和整体组装难度; 首次采用“冷铁”结构, 利用铁磁元件作为夹具, 既可固定超导线包, 又可提高磁场, 并使源体结构紧凑, 非常有利于强流高电荷态重离子束的引出。SECRAL 全新的设计和结构开辟了高电荷态 ECR 离子源的一个新的发展方向。

## 半绝缘砷化镓单晶生长技术取得系列进展

半绝缘砷化镓目前已成为一种重要的微电子和光电子基础材料, 广泛应用于新一代移动通信、宽带网络通信系统等民用和国家安全等领域。半导体所和北京中科镓英半导体有限公司共同承担的“863”项目“直径 6 吋半绝缘砷化镓单晶生长技术研究”, 经过三年攻关, 研究并掌握了具有自主知识产权的直径 3—6 吋大直径半绝缘砷化镓单晶生长热场设计技术、单晶生长控制技术、晶锭退火技术, 并研制出我国第一根直径 5 吋液封直拉法(LEC 法)大直径砷化镓单晶; 研制出 21.5 千克的我国最大直径(6 吋) LEC 法砷化镓单晶; 研究开发了具有自主知识产权直径 2—6 吋砷化镓开盒即用晶片加工技术; 研制成功具有自主知识产权的砷化镓应力测试系统, 发明了用透射偏振差分谱法测试砷化镓材料残余应力, 其测试系统具有简洁、测试过程迅速、结果精确、能够很好地表征材料应力分布等特性; 研究

\* 收稿日期 2006 年 2 月 28 日

制造了具有自主知识产权的我国第一台 3—4 吋直径砷化镓单晶垂直梯度凝固法(VGF 法)生长炉,并生长出低位错和低应力 VGF 法 2—3 吋砷化镓单晶;研究制造了具有自主知识产权的中压 4—6 吋垂直梯度凝固法(VGF/VB 法)GaAs 单晶生长炉,从根本上解决 LEC 法生长晶体的位错密度高、应力较大等问题;建成了高水平的大直径砷化镓单晶片产业化平台,研究并掌握了大直径砷化镓单晶批量生产的重复稳定性、均匀性及成品率等各项产业化关键工艺技术,并已批量销售到美国、日本等国家和地区,产品质量达到国际先进水平,国内 LED 企业中 80%以上采用过该产品,国际市场的占有率达到 10%,获得授权发明和实用新型专利 5 项、申请专利 7 项,成功推动了我国化合物半导体材料、器件及电路的发展。

### 北京谱仪国际合作组发现 X1835 新粒子

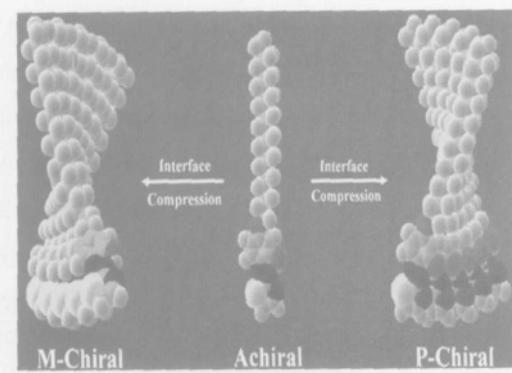
高能物理所北京谱仪国际合作组在北京正负电子对撞机上进行的北京谱仪实验中发现一个新粒子,暂时将其命名为 X1835。这个新粒子是在分析  $J/\psi$  粒子衰变到 1 个光子和 3 个介子的过程中被发现的。它的质量值约为 18.35 亿电子伏特,略低于二倍的质子质量值,寿命很短,仅为约  $10^{-23}$  秒。该成果已发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上,引起了国际高能物理界的极大兴趣。X1835 粒子有可能是在高能物理实验中寻找了几十年的新型粒子。粒子物理学家对其基本结构进行了各种猜测。最终确定 X1835 粒子的基本性质,需要更大量的数据,并进行深入的实验和理论研究。目前,北京正负电子对撞机和北京谱仪正在进行重大改造工程,性能将提高 100 倍,预期 2007 年完成。届时将能获取比现有数据高约两个数量级的数据样本,在此基础上将能对 X1835 粒子等北京谱仪实验最近取得的一系列新发现进行更深入的研究。

### 国内首台基于飞秒激光的双光子微细光成型装置诞生

由中国科大黄文浩教授课题组成功研制了国内首台具有自主知识产权的基于飞秒激光的双光子微细光成型加工、测量和三维信息存储的多功能装置,其特点主要有:利用 X 型谐振腔研制了稳定输出功率大于 400mw、激光脉冲重复频率为 80MHz,脉宽为 80fs,中心波长 800nm 的 Ti 宝石飞秒激光光源;扫描分辨率为 1nm 的三维成型微加工系统;实时监测及信息读取系统;已获得计算机软件著作权的界面友好的成型系统软件。该项目在基础工艺研究中,实现了亚微米量级的加工分辨率,并试制出 8 层 log-pile 结构的三维光子晶体,其光子带隙位于红外波段的  $3.40\mu\text{m}$  处。同时,还实现了 10 层信息的三维存储和读出,设计并加工出光学驱动直径为  $5\mu\text{m}$  的微型转子,其转速达到 200rpm。

### 科学家用完全非手性分子制备出手性光学开关

超分子化学的研究逐渐超出了化学学科本身,人们期望利用分子组装形成具有特定功能的超分子组装体,而关于超分子手性的研究则由于其在化学、生物学和材料科学等方面的重要意义,引起了学术界的极大兴趣。化学所刘鸣华研究员课题组选用头部含有噻唑基团的非手性分子 5-十八烷氧基-2-噻唑偶氮基苯酚(TARC18)进行界面组装,发现非手性的 TARC18 分子可以形成两类不同



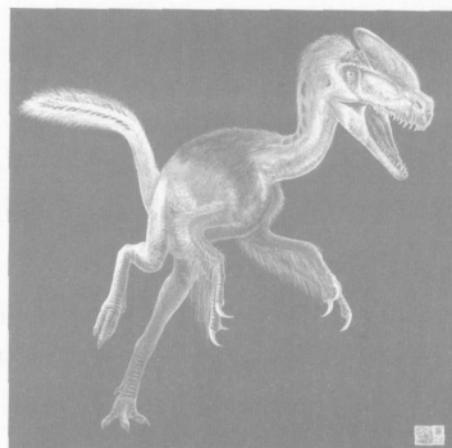
的手性超分子组装体,它们的紫外可见吸收光谱与红外光谱明显不同,而且在圆二色谱中表现出相反的光学信号。通过进一步的研究,他们发现若将该手性超薄膜放置于 HCl 气体氛围中,手性信号立即消失,放置于空气中,手性信号(强度)可以完全恢复,此过程可以多次反复,由此制备出由完全非手性分子而得到的手性光学开关,该结果将对新型手性材料的设计与制备提供新的机会。相关研究成果发表在近期出版的《先进材料》上。

### 表面配合物纳米结构研究取得系列成果

化学自组装及其规律是当今分子工程研究中的前沿问题。利用化学自组装方法,借分子间、分子与基底间的相互作用,可在固体表面构筑分子纳米结构,这种纳米结构在纳米器件制造方面具有潜在的应用前景,是当前纳米科技的重要研究领域。化学所万立骏研究员课题组与美国犹他大学的 Peter J. Stang 教授等合作,开展了一系列关于配体及其金属配合物表面组装的研究。继 2005 年初在《美国科学院院刊》(*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*)上发表初步研究结果后,最近他们在 Au (111) 晶体表面又成功构筑了一系列金属配合物分子纳米结构,并利用电化学扫描隧道显微镜对分子阵列进行了详细研究。研究还发现,单一组分的配合物分子可自发地在 Au(111)表面形成有序的超分子阵列,分子吸附后能保持原有的形貌特征;双组分体系在表面则形成分畴结构;而三维笼状分子形成对插的组装结构。该结果对研究分子间、分子与基底间相互作用,发展表面自组装理论并实现对表面纳米结构的控制制备具有重要意义。有关研究成果相继发表在近期的《美国化学会志》(*J. Am. Chem. Soc.*)和《欧洲化学杂志》(*Chem. Eur. J.* 出版中)。

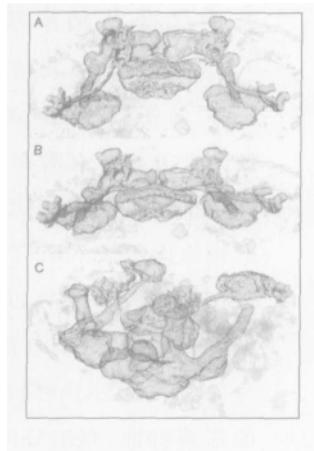
### 霸王龙类及虚骨龙类早期演化研究取得重要进展

最近几十年的研究表明,鸟类起源于恐龙中的一支——虚骨龙类。这一假说的化石证据主要来自白垩纪,尤其是近年来发现于我国辽宁长羽毛的恐龙更是为这一假说提供了重要的证据。但由于已知最早的鸟类发现于德国的始祖鸟生存于侏罗纪晚期,因此,有关鸟类起源更直接的证据应该存在于侏罗纪地层。古脊椎动物与古人类所徐星研究员与美国乔治华盛顿大学 Clark 教授联合领导的考察队在我国新疆准噶尔盆地的戈壁地区进行了一系列的科学考察,取得多项科考成果。其中 2002 年 8 月发现的冠龙化石,经分析研究,发现冠龙化石产于沉积于大约 160 百万年前的岩石中,远早于已知霸王龙类,也是最早的虚骨龙化石代表之一。它的发现和研究为霸王龙类的早期演化以及虚骨龙类的系统发育提供了重要信息,再次证明体型变化等因素对于白垩纪虚骨龙类的形态产生了重要影响,干扰了虚骨龙类系统发育的复原;尤其是冠龙头部峭状构造的发现指示了性选择在生物进化当中的独特作用。有关成果发表于 2 月 9 日出版的 *Nature* 上。鉴于该研究成果的重要性,*Nature* 还在同期配发了评论性文章。这也是该项目发表在 *Nature* 的第二篇论文。



## 我国科学家探索果蝇记忆奥秘再获突破

在自然界中,果蝇可以根据图形本身所具有的一些参数,如大小、颜色、重心高度和图形朝向等,来完成对相应视觉图形的识别并形成记忆。但果蝇脑中神经元是如何构成功能回路来完成记忆的,却是科学家们一直在探讨的问题。生物物理研究所刘力研究员课题组与国外科学家合作,采用分子遗传学方法,选择性地在腺苷酸环化酶缺失果蝇的特定脑区中恢复腺苷酸环化酶功能,并在实验中检验果蝇对视觉图形的记忆能力。最新研究发现:果蝇个体很小,大脑却相当复杂,其视觉记忆功能需要脑中特定神经元形成回路来完成。该研究成果首次证明了果蝇中心脑内为扇形体结构,参与了视觉图形识别过程。具体地说,就是扇形体内由神经元树突分支构成的两层水平片状结构,它们分别具有记忆图形重心高度信息和记忆图形朝向信息的功能,从而使果蝇有效地分辨重心或朝向不同的图形。研究成果以“Article”的形式发表在2月2日出版的*Nature*上。*Nature*同期发表的评论文章认为:这项工作清晰地表明,通过遗传学手段使果蝇成为研究神经结构及其功能的较好模型。事实上,在定位记忆方面可能是最好的模型。



## 科学家发现抑制“过激”免疫反应的新机制

人们每天都会接触大量的有害微生物,包括致病菌、病毒等。当这些病原微生物侵入的时候,人体能够识别,并激活免疫反应来杀死它们,从而保障人身体的健康。但如果人体的免疫反应过度激活、失去控制的话,同样也会导致很多疾病,如关节炎、哮喘、肠炎、系统性红斑狼疮等等。人体为了免遭免疫反应“过激”所造成的自身免疫性疾病的损害,必须想方设法抑制“过激”的免疫反应。上海生命科学研究院裴钢院士研究组在工作中发现体内一种叫做 $\beta$ 抑制因子的蛋白质能够结合免疫反应中的重要信号分子TRAF6,并且调节其功能,从而抑制了TRAF6对NF- $\kappa$ B转录因子的激活以及多种炎症因子的产生。这一新发现的机制已在内毒素休克动物模型中得到了验证,并正在其它“过激”免疫性疾病动物模型上进行实验。这一原创性研究成果不仅揭示了一种调节机体免疫反应的新机制,而且也治疗“过激”免疫性疾病提供了可能的药物作用靶点。研究成果发表在《自然-免疫学》上。

## 中美科学家考古新发现

南京古生物所李昱副研究员与美国匹兹堡卡内基自然历史博物馆罗哲西教授合作,研究了一个珍藏在该所古生物博物馆的、一亿两千万年前的早白垩世对齿兽类哺乳动物化石——西氏尖吻兽,这个珍贵的原始哺乳动物化石标本产自辽西凌源地区义县组大王杖子层,是南京古生物所著名科学家陈丕基研究员在主持关于热河生物群的国家自然科学基金委重点项目过程中收集到的精美化石。热河生物群是中生代后期亚洲古陆上形成的一个淡水生物群。对它的研究始于上世纪20年代。该生物群包括大植物、孢粉、轮藻、叶肢介、介形类、昆虫、蜚甲、蜘蛛、虾、双壳类、腹足类、鱼类、两栖类、恐龙、鳄、龟鳖类、鸟类和原始哺乳动物。上个世纪末期由于辽西早期鸟类、长毛恐龙、原始哺乳动物和早期被子植物等化石的

发现,使探讨鸟类和被子植物的起源、兽类的早期演化成为可能,也使辽西地区成为世界级的古生物宝库。研究发现第三纪很多哺乳动物类群首先起源于亚洲,然后再迁移到北美。这种地理分布模式是由卡内基博物馆的Chris Beard博士提出的。该研究成果表明,辽西尖吻兽的发现说明哺乳动物的上述地理分布特征可追溯到白垩纪。研究成果发表在*Nature*上。

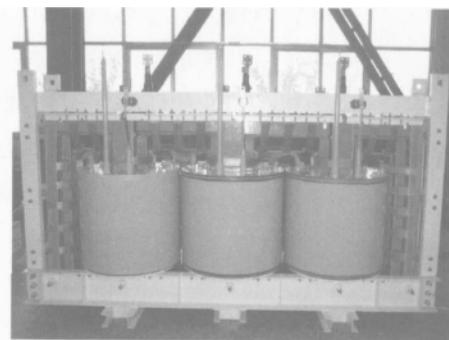
### 在国际上首次实现蓝宝石衬底氧化锌二极管室温电致发光

由长春光机所、厦门大学共同承担的国家自然科学基金委员会重点项目“氧化锌基单晶薄膜材料、物性及器件研究”,经过两年的攻关,在国内率先获得了氧化锌同质结的电致发光,并且在国际上首次实现了蓝宝石衬底生长的氧化锌二极管室温电致发光,为今后氧化锌蓝紫外发光和激光二极管的发展奠定了实验基础。此外,项目组采用分子束方法,通过优化生长工艺,制备出了高质量氧化锌单晶薄膜,并观测到了强的自由激子发光。在此基础上,采用不同的气源,通过原位调节反应粒子种类,在蓝宝石衬底上成功制备出了氮掺杂的p型氧化锌薄膜,进而获得氧化锌同质pn结。该工作发表在*Appl.Phys.Lett.*上。

由于短波长激光器对提高光通信的带宽、光信息的存储密度和读取速度有重要的意义,并且在半导体白光照明、医学及生物等高科技领域具有广泛的用途,所以氧化锌的研究引起了全世界科学家的高度重视。

### 我国首台高温超导电力变压器挂网试运行

由电工所和新疆特变电工股份有限公司联合研究开发的我国首台高温超导变压器投入配电网试验运行。项目实施近4年,在先后研制出26kVA三相高温超导变压器样机和45kVA单相高温超导变压器样机的基础上,于2005年底完成了630kVA三相高温超导变压器的研究开发,并且在通过了并网前的各种测试后,顺利投入电网运行。这是世界上第二台挂网运行的高温超导变压器。标志着我国在高温超导变压器的研制开发方面已经进入世界先进行列。研制人员首次在超导变压器中采用了非晶合金铁芯,大大降低了变压器的线圈损耗和铁芯损耗。目前,高温超导变压器已经顺利通过了国家变压器质量监督检验中心的检测。根据检测结果,其负载损耗比油浸式变压器9型国家标准低95.5%,比H级绝缘干式变压器9型国家标准低97.2%。高温超导变压器与常规变压器相比,具有体积小、效率高、无火灾隐患、无环境污染等优点,同时还具有一定的限制短路电流的作用,兼有环保与节能两大特点。



### 我国首台高温超导限流器并入电网试验运行

由电工所牵头,联合理化技术所、湖南省电力试验研究院、湖南省电力公司、四川亚西低温设备公司、湖南省娄底市电业局等单位共同研制成功我国首台三相高温超导限流器,在通过了各种试验和测试后,已经顺利投入湖南省娄底市电业局高溪变电站试验运行,其主要技术性能指标均达到了国际先进水平。这是继瑞士、德国、美国之后世界上第四台并入实际电网试验运行的高温超导限流装置。项目在高温超导限流器的原理和核心技术上取得

了自主知识产权,提高了高温超导限流器的灵活性,使之能适应多种应用要求。该限流装置自2005年8月投入实际电网运行以来,已经安全稳定运行超过了4个月,并先后经受3次短路故障的考验。试验运行表明,该限流装置不仅能大大减少短路故障电流,而且具有响应速度和恢复速度快、正常态压降小的优点。高温超导限流器作为一种有效的短路电流限制装置,在发生短路故障时,能够迅速将短路电流限制到可接受的水平,并具有正常态阻抗小、响应速度快、自动触发和自动复位等优点。高温超导限流器的应用,不仅可以大大提高电网的稳定性、改善供电的可靠性和安全性、增加电网的输送容量、改善电能质量,而且可以显著降低断路器的容量、大大降低电网的建设成本和改造费用、延长电气设备的寿命。因此,高温超导限流器具有广阔的市场前景。



### 国内第一套天然气水合物二维开采模拟系统问世

天然气水合物是一种优质洁净能源。我国南海已经发现天然气水合物存在的间接证据,如果开采成功,将对我国未来能源战略产生深远影响。广州能源所天然气水合物开采技术团队在研制天然气水合物一维开采实验模拟系统的基础上,成功研制出了天然气水合物二维开采实验模拟系统。初步测试结果表明,该系统能有效模拟海底天然气水合物的生成及分解过程,可以对现有的开采技术进行系统的模拟评价。较之一维开采模拟系统,该系统采用更加先进的手段测量多孔介质中气、液、固(水合物)的含量及分布,并能够更加真实地模拟实际水合物地层特征。在该系统上,能够综合模拟注热、降压、注入化学试剂以及CO<sub>2</sub>置换开采天然气水合物,以及开采过程井网布置,并对开采过程系统的动态特征进行实时监控。这是国内第一套二维水合物开采模拟系统,同类模拟系统在国外也鲜见报道。

### 我国新建造的1000吨级近海综合考察船“科学三号”正式下水

由中国科学院、武昌造船厂、中国船舶重工集团公司701研究所等单位建造的1000吨级近海综合考察船“科学三号”于2月2日在武昌造船厂正式下水。该船的设计布局、设备配置和船舶性能体现了我国现代造船工业的发展水平。该船长73.8米,宽10.2米,载员48人,具有全球航行能力,续航力5000海里,经济航速14节,最大航速16节,船舶主机功率1710千瓦,设有艏侧推装置和可调浆,具有良好的操纵性,能够满足海洋考察作业的无级变速要求。该船设有先进的减摇装置,增强了恶劣海况下作业的适应性,同时也提高了海上数据采集的质量。该船的先进网络通信系统,既保证了海上作业多数据的实时监控、操控和共享,也为海基和路基数据交换提供了传输平台。该船将于2006年6月正式交付使用。该船的建成,将为我国近海海洋综合评价、海洋资源开发利用、海洋防灾减灾、海洋管理与环境保护、构建“数字海洋”、促进国民经济和国防建设健康快速发展提供重要技术保障和支撑平台。



级变速要求。该船设有先进的减摇装置,增强了恶劣海况下作业的适应性,同时也提高了海上数据采集的质量。该船的先进网络通信系统,既保证了海上作业多数据的实时监控、操控和共享,也为海基和路基数据交换提供了传输平台。该船将于2006年6月正式交付使用。该船的建成,将为我国近海海洋综合评价、海洋资源开发利用、海洋防灾减灾、海洋管理与环境保护、构建“数字海洋”、促进国民经济和国防建设健康快速发展提供重要技术保障和支撑平台。