

深紫外固态激光源前沿装备研制

文/曹凝¹ 金鹏² 王占国² 陆兴华³ 姚冠辉¹ 詹文山⁴

1 中国科学院条件保障与财务局 北京 100864

2 中国科学院半导体研究所 北京 100083

3 中国科学院物理研究所 北京 100190

4 中国科学院理化技术研究所 北京 100190

【关键词】重大科研装备研制项目,深紫外固态激光源前沿装备,中科院

1 科学背景

由于缺乏实用化、精密化激光源,深紫外波段科研装备和前沿研究的发展受到严重制约。全球已有的几种深紫外波段激光源,如准分子激光、气体高次谐波、四波混频和自由电子激光等,对装备配套使用都有较高的基本要求。因此,目前全球深紫外波段科研装备主要使用同步辐射和气体放电等非相干光源,但这种光源能量分辨率(谱分辨率)低、光子通量小、光子流密度低,不能满足深紫外波段前沿科学装备发展的需求。

半导体激光二极管泵浦固体激光器与深紫外波段结合可以产生无可比拟的优势,一举解决深紫外波段前沿科学装备研究中遇到的问题。一是全固态激光器体积小、寿命长、强度高、光谱分辨高、效率高、波长可调、多样化运转、光束质量好、易于实现实用化精密化,是激光技术的重大发展方向;二

是利用可见或近红外全固态激光器为基频光源的多级非线性谐波技术,是发展深紫外固态激光源的有效途径;三是深紫外固态激光源易于实用化和精密化,是当前开拓深紫外波段前沿装备的最先进技术。

中科院科研人员在国际上首先生长出大尺寸氟硼铍酸钾(KBBF)晶体,发现该晶体是第一种可用直接倍频法产生深紫外波段激光的非线性光学晶体;并在此基础上发明了棱镜耦合器件,已获中、美、日专利;率先发展出直接倍频产生深紫外激光技术,开创了深紫外领域科学技术快速发展的新局面,使我国在该领域的研究处于国际领先地位。

2007年,财政部设立“深紫外固态激光源前沿装备研制”国家重大科研装备研制项目,研发具有自主知识产权的新型深紫外固态激光源,引领深紫外波段前沿重大科研装备的突破。其目的是推动我国深紫外波段领域的科学与技术占据国际领先地位,在物理、化学、材料、信息、生命、资环等领域创建

* 中科院条件保障与财务局副局长。E-mail: zbc@cashq.ac.cn

修改稿收到日期:2014年7月4日



中国科学院

新的科技前沿,形成多学科交叉创新研究的实验平台,形成具有自主知识产权的新型深紫外波段非线性光学晶体、器件和新型深紫外固态激光源的研制和小批量生产能力的深紫外固态激光光源重大科研装备的研制基地。

2 装置综述

深紫外固态激光光源前沿装备研制项目经过5年多的努力,已构建起深紫外非线性晶体和器件研制平台、深紫外固态激光器研发平台,成功研制了深紫外激光拉曼光谱仪、深紫外激光光化学反应仪与在线检测系统、深紫外激光光发射电子显微镜、深紫外激光光致发光光谱仪、基于深紫外激光的同时具有自旋分辨和角分辨功能的高分辨光电子能谱仪、光子能量连续可调深紫外激光光电子能谱仪、深紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪、基于飞行时间能量分析器的深紫外激光角分辨光电子能谱仪8台国际领先水平的仪器设备,并为仪器设备后续发展,尤其是产业化工作奠定了基础。目前,这8台深紫外激光科研装备已应用在高温超导、拓扑绝缘体、石墨烯、超宽禁带半导体、新型光刻胶等新材料物性以及表面物理/化学、催化机理、纳米体系等前沿领域的研究中,并获得了一批重要的科研成果。

2013年9月6日,“深紫外固态激光光源前沿装备研制”项目在北京正式通过财政部和中科院组织的验收,使我国成为全球唯一能够制造实用化深紫外全固态激光器的国家。

在此前的《中国科学院院刊》,已分别对深紫外激光拉曼光谱仪(2011年5期)、深紫外激光光化学反应仪与在线检测系统(2012年6期)、深紫外激光光发射电子显微镜(2012年1期)、基于深紫外激光的同时具有自旋分辨和角分辨功能的高分辨光电子能谱仪(2013年1期)、光子能量连续可调深紫外激光光电子能谱仪(2013年1期)、基于飞行时间能量分析器的深紫外激光角分辨光电子能谱仪(2013年1期)等6台仪器做了深入报道,本文仅重点介绍深紫外激光光致发光光谱仪、深

紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪2台仪器。

3 深紫外激光光致发光光谱仪

3.1 研制背景

光谱技术是利用光波与物质的相互作用来研究物质的物理、化学性质的重要测试手段,它在材料物理研究和材料性质表征方面发挥着重要作用。以半导体材料为例,利用光谱技术可获得材料的晶格结构、电子能带结构、杂质、缺陷、表面态、载流子输运等重要信息。在光谱技术及光谱仪器中,光源是基础。在激光器出现以前,多以热致发光(如卤素灯、硅碳棒灯)、气体放电(如氙灯、氙灯)等方法来获得非相干光波的输出。这些光源有着功率密度低、谱线宽、不易汇聚等缺点,往往不能满足许多光谱测试的需求。激光器的出现使得光谱学及相关领域发生了革命性的变化。在许多情况下,激光器的应用可以使光谱仪器的分辨率和灵敏度提高几个数量级,同时使得测试时间大为缩短。激光器的出现,许多由于光源强度不够或由于没有足够的分辨率而无法完成的实验,则非常容易实现。

作为光谱仪激发光源的激光器比非相干光源(如同步辐射、气体放电灯等)有着无可比拟的优越性,主要表现为:功率密度高、单色性好、波长可调谐、可实现超短时间分辨测量、光束质量好等。近几十年来以激光为光源的光学方法和光谱技术(例如被广泛应用的光致发光技术)已经成为检测和表征半导体材料物理性质最基本、最重要的手段而被广泛应用。利用这些光谱技术可以获得半导体材料的晶体结构、电子态、能带(级)结构、激子、声子结构、电子-声子散射、杂质、缺陷、表面态、各类瞬态过程(热电子弛豫、载流子的发射和俘获等)等信息。50年来,激光技术得到了迅猛发展,波长覆盖从极紫外至太赫兹的广阔波段。然而,适用于光谱仪器的深紫外激光光源却不多见。

另一方面,在半导体材料研究领域,以AlN、BeZnO、金刚石等为代表的超宽禁带材料越来越受到人们的重视。这些超宽禁带半导体材料与

GaN等常规宽带隙半导体材料的区别在于带隙更宽,其对应的波长位于深紫外区。它们有着优异的光学、电学性质,良好的化学稳定性和热稳定性,电阻率极高,热导率很高,耐高压,还有良好的声学性能,可用于制造紫外发光器件、紫外光探测器件、高频大功率电子学器件、超大规模集成电路的绝缘层和导热层、高频声表面波器件等,可在航空航天、核仪器和核物理研究、太空探测、国防等极端或恶劣条件下广泛应用。然而,深紫外区激光光致发光光谱仪的缺乏严重影响了这些材料的材料物理和材料生长研究。

所以,研制以深紫外激光为光源的可覆盖上述及其他超宽带隙半导体材料光谱区的激光光致发光光谱仪,对于超宽带隙半导体材料基本物理性质研究、揭示材料物理本质、推动材料生长技术的发展有着重要的意义。同时,对光谱技术与光谱仪器的发展也有着重要意义。

3.2 仪器综述

该仪器研制依托中科院半导体所,基于“深紫外全固态激光前沿装备研制”项目,利用我国特有的深紫外激光晶体技术及深紫外激光光源技术,并结合科研人员在深紫外真空光谱仪器中的创新性设计,集成了已有的光谱技术、真空技术、低温技术、机械技术、微弱光检测技术、超快光时间分辨探测技术、自动控制技术等。该仪器同时具有准稳态发射光谱和时间分辨光谱测量功能,主要由以下部分组成:

(1)真空系统。用于维持样品室、荧光收集装置、光栅单色仪、探测器等的真空状态,从而避免深紫外激光和荧光信号在大气中因强烈吸收而损失。真空系统主要由真空室、真空泵、真空计、真空阀门、真空管路、观察窗、真空泄漏安全装置等构成。真空室主要包括单色仪真空室、样品及荧光收集真

空室、条纹相机真空室和光电倍增管真空低温室。真空泄漏安全装置用于在真空异常泄漏情况下,紧急关闭真空计、真空泵以及低温制冷机等,避免上述装置的损坏;

(2)样品系统。由样品架、低温制冷机、控温装置以及样品架三维调整装置组成。用于安放样品、实现样品温度控制以及在真空外方便调整真空室内样品架的空间位置。样品降温由闭循环氦制冷机实现,样品控温由PID精密温度控制器完成。样品架可三维调整,可通过步进电机驱动,由计算机自动控制,亦可手动调整;

(3)荧光收集装置。用于将激光激发出的荧光有效地收集到单色仪的入射狭缝。该装置由真空壳体、多个抛面镜、平面反射镜、可调镜架等组成。采用独特的机械调整机构,可以在真空室外对荧光收集装置内的光学元件进行空间位置的调整;

(4)光栅单色仪。为分光装置,主要部件包括光栅、光栅扫描机构、准直凹面镜、聚焦凹面镜以及出、入射狭缝等。该单色仪设计采用平面光栅 Czerny-Turner 结构、双入射狭缝、双出射狭缝,所有部件置于真空环境中。两个入射狭缝分别连接荧光收集装置和校准光源;两个出射狭缝分别连接条纹相机(用于时间分辨光谱测量)和光子计数探测系统(用于稳态发射光谱测量)。单色仪的光栅扫描由计算机程控;

(5)荧光探测系统。分为准稳态发射光谱探测系统和时间分辨光谱探测系统两部分,分别用于测量准稳态发射光谱和时间分辨光谱。时间分辨光谱探测采用条纹相机,它具有时间分辨率高、灵敏度高等优点。准稳态发射光谱探测系统由光电倍增管、光电倍增管高压电源、光电倍增管低温真空室及控温装置、宽带低噪声前置放大器、光子计数器构成。能实现光子计数级的光谱探测



中国科学院

灵敏度。

需要指出的是,在实现光谱仪的时间分辨光谱探测功能过程中,项目组研制了一种具有自主知识产权的真空光学耦合系统,用于连接真空单色仪和条纹相机,该系统具有适用波段宽、成像质量好、无色散、结构简单、安装调试方便、成本低等优点。

(6)控制软件。通过计算机及硬件接口电路实现对各部件的控制功能,以及完成光谱数据的显示、存储、打印和常用的光谱数据处理功能。具体功能包括:控制单色仪光栅扫描,通过控温系统控制样品的温度,通过样品台三维调整装置对样品的空间位置进行调整,读取荧光探测系统输出的荧光强度数据,显示并存储光谱数据,常用的光谱数据处理,光谱的打印等。

2012年5月8日,该仪器正式通过中科院计划财务局组织的项目验收。仪器各项技术指标均达到或超过任务书规定的要求,其中光源输出波长、光源重复频率达到任务指标,光源输出功率、光谱扫描范围、光谱分辨率、真空度、控温范围、时间分辨率超过任务指标。验收专家认为,该项目首次将我国特有的177.3 nm深紫外全固态激光光源应用于光致发光技术中,并且所研制光谱仪已经应用于AlN、AlGaIn等宽禁带半导体材料的稳态和时间分辨光学性质的研究,显示出了独特的优势。该光谱仪的研制成功将有力推动我国紫外光电子学以及宽禁带半导体的发展。

3.3 展望

目前,利用该光谱仪测量了包括AlN、高铝组分AlGaIn等超宽禁带和宽禁带半导体样品的稳态光谱和时间分辨光谱。大量的样品实测结果说明该光谱仪完全达到了设计时的测量功能。该深紫外光谱系统具备稳态和时间分辨功能,具有激发波长短(最短激发波长约177nm)、光谱分辨率高、光谱扫描范围宽、时间分辨率高、真空环境工作等特点,已经在宽禁带半导体材料能带精细结构、激子局域化、载流子弛豫、输运和辐射复合发光动力

学过程等方面开展了相关的研究工作。该光谱仪运转正常,操作方便,其功能和技术指标能够满足使用要求。特别是在200nm附近的深紫外光谱区,该光谱仪显示出了不可替代的作用。在MOCVD生长的AlN材料中首次观察到了激子极化激元,即AlN在深紫外光激发下产生自由激子,激子又在光子驱动下形成激子振荡,而后又辐射出光子,相关成果发表于*Nature*子刊*Scientific Reports*。可以预见,深紫外激光光致发光光谱仪将会在未来的超宽禁带半导体材料物理研究中发挥越来越重要的作用。

目前,中科院半导体所依托该光谱仪平台已与国内多家高校和科研院所建立了良好的合作关系。另外,为促进科技资源高效配置和综合利用,提高国内科技创新能力,该光谱仪在优先保证科学研究任务的前提下,将提供充足的机时供科研人员开展相关工作。

4 深紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪

4.1 研制背景

20世纪90年代以来,飞秒激光技术的发现和应用使得探测超快的物理和化学过程,尤其是动态瞬时和中间过程成为可能,将时间上的探测和控制推进到了一个新的阶段。一些新学科由此而得以产生和发展起来,如飞秒动力学、飞秒光化学等。加州理工大学Ahmed Zewail教授,因为首先利用飞秒激光对化学反应过程的中间过渡态的探测和研究而获得1999年诺贝尔化学奖。与此同时,物理学在空间探测上也取得了长足的进展,G Binnig和H Rohrer通过设计扫描隧道显微镜(STM),实现了对原子和亚原子尺度的电子密度和原子结构的分辨和成像,获得1986年诺贝尔物理学奖。基于这些实验技术的进步,结合超快激光的飞秒时间分辨与STM的原子级空间分辨,同时实现时间和空间上的极限探测和操纵,已成为当前凝聚态物理和化学的前沿和尖端课题。有人预言,这两个技术的结合和实现,将带来不亚于这两者所独自带来的全新的科技革命和机遇。因

此,在“深紫外固态激光光源前沿装备研制”项目中,利用具有完全自主知识产权的深紫外激光光源技术,由中科院物理所负责开展了“深紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪研制”工作(简称“PhotoSTM”)。

与国际已有的 PhotoSTM 仪器相比,深紫外激光波段 PhotoSTM 具有独特的技术优势。由于其光波长可达到 175nm,可实现较亮(深紫外激光在 1×10^{15} 光子/秒,同步辐射 $1 \times 10^{12-13}$ 光子/秒,气体放电 1×10^{12} 光子/秒)和能量分辨较高(深紫外激光在 0.26meV,同步辐射 10meV,气体放电 1.2eV)的深紫外相干光源,可以独特地探测纳米体系的单粒子态的量子化能级、纳米体系的等离基元激发、局域的浅芯电子共振吸收和激发等问题。与可见光激光(400nm—800nm)相比,深紫外激光本征衍射极限较小(可获得小于 100nm 的分辨),在 STM 系统里能提供小于可见光 3—4 倍的本征尺度,这对于局域探测和控制能量密度和空间分布,以及控制针尖-样品结的热稳定都更为有利。在时间分辨上的测量中,深紫外激光具有传统的深紫外光源所难以达到的时域短脉冲特性,传统的同步加速器深紫外光源虽然能量可调范围大,但是它做不到皮秒到飞秒的时间短脉冲;而传统的气体深紫外灯也不能产生脉冲光源。本仪器中的深紫外激光系统产生超短光脉冲,对于该频段的超快动力学研究,是一个全新的无可替代的工具。

该研制工作以深紫外激光技术为依托,结合超高真空 STM 的原位空间分辨和超快激光技术的时间分辨手段,研制了深紫外(以及可见光波段)原位时间分辨隧道电子谱仪。对分子和纳米体系的电子激发态和动力学过程,实现空间和时间上的定位定时诱导、探测和量子调控。这一仪器

的研制和实现,对理解电子激发过程在凝聚态物理学、表面物理化学、生物科学中相关的基本现象将起到推动作用。同时,对新一代纳米材料和器件、可控纳米体系光学吸收和能源转换的机理探索及纳米光催化、太阳能电池等应用领域的研究也具有重要的意义。

4.2 仪器综述

深紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪结合超快激光的时间分辨与扫描隧道显微镜的空间分辨。该谱仪以深紫外激光技术为依托,结合低温超高真空扫描隧道显微镜,以及深紫外波段的飞秒-皮秒时间分辨系统,可以实现超快激光辐照下的原位动力学测量。该装置由三部分组成:深紫外脉冲激光超快时间分辨 pump-probe 系统;低温超高真空扫描隧道显微镜系统;超快激光与 STM 针尖耦合系统。

(1) 深紫外脉冲激光超快时间分辨 pump-probe 系统。深紫外真空工作环境是本装置的关键技术之一。由于真空紫外激光在空气中吸收强烈,整个光路需要设计在真空环境下。为此,科研人员设计具有可抽成真空性能的操作箱柜将整套光路部分包含进去。根据系统要求,委托在真空领域具有丰富经验的北京中科科仪技术发展有限责任公司进行了真空腔的设计和加工。另外,根据系统真空度的要求,并结合腔体的大小,采用了德国普发干泵作为前级,与分子泵一起构成二级真空系统。60 分钟之内,可以使体系的真空度达到 10^{-5} mbar 以下。系统可以在此真空度下运转或充入高纯氮气,以达到深紫外波段的传输要求。

为了解决真空腔中的光学元器件和机械部件的操控调节问题,设计了操作杆和电动调整器以调节光学元件的支架,在光



中国科学院

学腔室外进行电子控制和调试。装置中的光谱仪是可工作在真空状态下的,所附带的CCD选用对深紫外敏感的材料,其光谱仪的光栅是具有足够精细的刻线(1 800gr/mm)以便在177nm及波段附近工作并具有足够强的光谱分辨能力。由于pump-probe系统所采用的光学延迟线的移动精度决定了时间扫描的精度,选用的真空平移台单向精度可达0.1微米,即时间扫描步长可达6.7飞秒。整个超快时间分辨腔中所用的光学元件都选用深紫外镀膜高反的反射镜,或针对177nm高透的镀膜窗口,以减少深紫外激光脉冲在系统中的损耗。

经过测试,该系统在800nm脉冲情况下的时间分辨率为240飞秒,对应深紫外的脉宽为85飞秒,考虑到时间扫描步长远小于该脉宽,因此该系统的时间分辨率为85飞秒,优于项目指标。其时间测量窗口为1纳秒,可以满足大多数皮秒及亚皮秒级的动力学过程测量。

(2)低温超高真空扫描隧道显微镜系统。该仪器的关键技术之一是设计和搭建稳定的低温扫描隧道显微镜。除了设计最佳的地面机械减振系统外,在STM设计上,采用了在振动稳定性方面性能优异的Besocke设计,即用三根平行于探针的压电陶瓷管支撑样品平台,来减小z方向的粗动平移。这个方案的独到之处在于三根压电陶瓷管与针尖压电陶瓷管同时热胀冷缩,样品和针尖之间的相对距离在外部振动和温度变化时基本保持不变,隧道电流对环境的热涨落比单管进针设计有很大改善,静态振动稳定性提高约5倍,使得它可以实现原子操纵和非弹性隧穿成谱等研究工作。

在STM上增加光学窗口会带来STM外界的背景热辐射,可能导致工作温度升高1K或几个K,同时造成热稳定性变差。为此,在热屏蔽层上安装了蓝宝石光学窗口,既能保证高热导率的屏蔽效果,又提供了深紫外激光的光路通道。当激光耦合进STM时,容易导致针尖在长时间(毫秒量级或更长)激光照射下所积累的热量无法迅速

释放给制冷器的冷指,从而导致热不稳定性发生。针对该问题,设计方案是在针尖-样品结附近增加导热性和耐低温性都好的金属细线来导热。因为脉冲激光功率在光学STM实验中通常很低(低于微瓦),增加导热细线这一措施可有效缓解局部热效应问题。

经过测试,该扫描隧道显微镜的真空度达到 1×10^{-11} Torr,低温可达10K,STM扫描横向分辨率达2.9pm,纵向分辨率达0.22pm,优于项目指标范围。预留的光学窗口为实现原位激光激发提供了保证。

(3)超快激光与STM针尖耦合系统。将以上两个系统联合起来的部分是该仪器的关键,即激光与STM针尖耦合系统。其中稳定性起到了决定性的作用,因为光学部分相对于STM的任何位移或振动,将引起激光光强在针尖-样品结上空间分布的改变,从而将光学平台振动噪声耦合进入系统。在最初的设计中使用硬连接来连接激光腔和STM真空腔,后期考虑到硬连接无法避免激光系统的泵组振动耦合,导致干扰STM的高精度扫描,因此将设计修改为软连接。也就是说,STM真空腔与深紫外超快激光腔不直接连接,而各自采用高效减震腿进行稳定。由于激光辐照在样品表面的光斑约为 $20\mu\text{m}$ — $50\mu\text{m}$,远远大于STM针尖工作中漂移以及运动的范围,软连接既不影响激光辐照的效果,也避免了振动噪声的耦合。

深紫外激光的腔内聚焦和收集采用了一对45度角腔内放置的氟化钙透镜,其中一组可以切换安装成像CCD和光谱仪,利用荧光样品实现激光光斑的校准。当采用深紫外激光脉冲、蓝光脉冲、近红外脉冲等不同能量激发时,可以保证STM针尖原位扫描样品形貌,并进行STS谱测量。利用超快时间分辨技术,在不同的样品上测量到了光电子、光致反射率变化、光致隧穿电流变化等信息,其中光致隧穿电流变化的时间分辨率为240飞秒。

2012年4月28日,中科院计划财务局组织专

家在北京对该仪器进行了现场验收。验收专家认为,面向重大科技发展需求,集成国内优势技术和工程力量,完成了超高真空低温 STM 系统和深紫外超快激光系统的研制,实现了深紫外脉冲激光与低温 STM 的耦合,实现了深紫外激光耦合情况下隧道电流微分谱的测量以及高分辨空间成像和电流微分谱图成像。一致同意通过验收。

4.3 展望

深紫外激光原位时间分辨隧道电子谱仪是目前国际上首台将深紫外激光与 STM 系统耦合的设备,使得探测小纳米系统(尺度在 1nm—10nm 纳量级)的激发态成为可能。为分子和纳米体系电子激发态和动力学过程的定位定时诱导、探测和量子调控等研究提供全新的研究手段,对理解电子激发过程在凝聚态物理学、表面物理化学、生物科学中相关的基本现象起到推动作用。

为促进科技资源高效配置和综合利用,提高国内科技创新能力,该仪器将纳入北京大型仪器共享网。在优先保证国家科学研究任务的前提下,设备向相关科研人员开放,开展合作研究,以促进大型科学研究仪器设备的充分、高效利用。

5 组织与管理

根据《国家重大科研装备研制项目管理办法(试行)》要求,“深紫外固态激光源前沿装备研制”项目在实施过程中,中科院发挥了多学科优势和建制化的组织优势,有效集成院内优势资源,整合所属研究所和控股企业的力量协同攻关,不仅在重大科研装备自主研制上发挥了关键作用,实现了世界顶级研制成果,而且将科学原理、工程技术、市场开发与管理四位一体结合起来,打造了“晶体—光源—装备—科研—产业化”自主创新链。这一创新链涵盖了从原创科学思想的

提出到应用成果的实现,同时为学科交叉面广、跨度大、探索性和工程性强的原创性重大科研装备创新研究积累了经验,探索了独具特色、卓有成效的管理机制和模式。

首先,依据项目工程性和探索性都很强的特点,强化项目的管理架构设计和统筹协调能力,打破以往大项目实施过程中存在的单位之间、课题组之间利益上的固有藩篱。该项目涉及物理、化学、材料、信息、生命、资环等多个领域,学科交叉面广、跨度大,为有效推进工作,项目采用“2+3”组织管理模式,成立专家委员会和工程监理组两个机构分别负责咨询和监督,建立了领导小组、工程总指挥部、子项目工作组三级项目管理架构。中科院院、局两级领导及牵头单位领导组成项目领导小组,负责重大事项决策和重大问题协调,解决各研究所法人实体之间各自为战的问题;依托单位主管领导和相关企业负责人进入项目工程总体部担任负责人,统一协调各子项目之间的工作计划,负责督促落实;各子项目实行研究所法人负责制,成立由主管所领导牵头、职能处室负责人参加的工作组,统筹人财物提供条件支撑,打破了以往课题组负责制模式下的“小作坊”、“个体户”利益格局。这样的管理架构,通过强有力的协调实现了真正的横向联合,使优势力量得到有效整合。

其次,为最大限度地保证资金的利用效率,建立了高效的项目预算统筹使用机制,取消了传统的以课题为单元的预算分配模式。财政预算经费整体拨付到总体部依托牵头单位,按项目整体需求分年度配置资源;在经费使用方面,强化目标导向,实行项目单位统一支配,统一监管。

再次,建立项目知识产权的预分析布局、评估机制和利益分配机制,从制度上保障了相关知识产权的依法获取、有效管理、



中国科学院

充分使用。在跨学科、跨领域尤其是跨单位的科研项目中,知识产权归属的界定一直是一个难题。而在本项目中,总体部与子项目承担单位签订知识产权协议,项目实施前申请的专利仍属原单位,项目实施中申请的专利为总体部与申请单位共有;企业介入要签订技术转移合同;工程总体部设立知识产权专员,进行知识产权策划、保护、转移及利益分配等过程管理。

6 应用与发展展望

深紫外激光晶体和器件、深紫外固态激光器两个研制平台的建立,以及国际首创的8台深紫外激光科研装备的研制成功,为我国尖端科学仪器的研制和产业化发展探索出了一条新路。为保障这项学科交叉面广、跨度大、探索性和工程性均很强的国家重大科研装备研制任务的完成,中科院集成了理化技术所、物理所、大连化物所和半导体所的优势资源,组建起了庞大的研制队伍,并由北京中科科仪股份有限公司组建工程技术队伍,在为研制实施提供技术支持的同时做好产业化前期准备工作,形成一条独具特色的“晶体—光源—装备—科研—产业化”的创新价值链。

目前,深紫外激光晶体/器件和深紫外全固态激光光源产业化基地已实现年产50个2mm以下KBBF晶体的小批量生产能力。同时,中科院将在已有成果基础上进一步实现深紫外全固态激光光源工程化,并结合物理、化学、材料、信息等领域的

前沿研究需求,加强8类装备的使用、改进和产业化,有计划分步骤地将其发展成为商品化仪器设备。2013年,在科技部支持下,中科院理化技术所联合北京中科科仪股份有限公司等单位启动了新型深紫外全固态激光光源及其前沿装备开发工作,开展深紫外全固态激光光源工程化研究,并开展深紫外激光光发射电子显微镜的工程化研发,实现核心部件国产化和整机商品化,并提供给物理、化学、材料等领域的多个应用单位使用,为相关领域的科学技术研究提供全新技术支撑。

在财政部支持下,启动实施了“深紫外固态激光光源前沿装备研制”二期,开展6台国际领先水平的仪器设备研制工作,继续推动深紫外技术的深度开发。

在推动技术深开发的过程中,继续提高KBBF晶体生长及器件制备技术,发展深紫外固态激光光源的技术和应用性能,满足二期和未来任务需求,确保我国在该领域的优势地位;加强8类装备的使用、改进和产业化并拓展研制领域,加强信息、资环、生命等领域重大前沿装备研制,为我国相关领域的科学前沿研究提供强有力的技术支撑;深入完善“晶体—光源—装备—科研—产业化”自主创新链,探索并积累独具特色的大型科研项目创新管理模式和经验,为我国科研项目管理尤其是大型科研装备研制项目管理提供借鉴。

(相关图片请见封四)