

## 团队

# 半导体激光器:向“换道超车”的目标进发

### ——记2017年国家技术发明奖二等奖获得者郑婉华团队

■本报记者 韩天琪

半导体激光器是当今最重要的激光光源,它输出功率大,电光转换效率高。但是,普通半导体激光器光束发散角大、汇聚能力低、光束质量差,使用中需要配合特定的整形光路,这使得系统变得复杂,制约其广泛应用。

中国科学院半导体研究所郑婉华研究员及其研究团队长期在半导体激光器领域开拓,经过二十多年的学术积累,他们成功在外延材料和器件中引入光子晶体结构,实现了电子能带与光子晶格的联合调控,在保持激光高效率输出的同时,使得激光输出光束的方向和模式得到极大改善,可不经复杂整形而应用,使激光系统大为简化。相关成果获得2017年国家技术发明奖二等奖。

## 从事激光研究的初心

从最开始下定决心从事激光研究算起,郑婉华在半导体激光领域已经耕耘了27年,1988年她以排名第一的成绩毕业于山东大学光学系,被保送进入我国激光领域著名专家许祖彦院士门下求学,毕业后进入中科院半导体所工作,从事半导体激光材料与器件的研究。1994年她到香港继续深造,其间在复建白院士的指导下完成了微纳结构能带调控多波长发光研究,为她此后的研究奠定了深厚基础。“人工微纳结构对材料的发光有很好的调控作用。”郑婉华说,她的团队的研究就是要把这种性能和半导体激光结合起来,进而突破现有半导体激光性能提升的技术瓶颈。

半导体激光已经发展了60多年,从效率、成本和输出功率看,是优秀的激光光源。“但就是可直接使用的少,究其原因它是它不好用。”郑婉华多年的研究目标是让半导体激光器“好用”起来,这就是她之所以能坚持下来的初心。

从投入许祖彦院士门下到进入半导体所工作;从去香港攻读博士学位到美国麻省理工学院做高级访问学者;从一人只身作研究到组建一支能攻坚克难的研究团队;郑婉华始终抱着提升半导体激光性能这一初心辛勤耕耘,最终在微纳结构调控半导体激光器性能方面走出了一条自主发展的道路,研究出来的半导体激光器的关键性能达到了国际领



郑婉华(左三)团队在人民大会堂合影。

先水平,她研制出的激光器也在多个项目中发挥了重要作用,开拓出多项应用。

在多次的考察和项目评审中,专家和领导都对郑婉华团队研究的评价是“这是中国人有可能实现‘弯道超车’的一个方向”。

郑婉华说,能在这方向实现“弯道超车”靠的是有一支有实力、敢创新的研究团队。团队成员大都是国内自己培养出来的,他们实验室80%以上的设备都是国产或自行研制的,与国内多数半导体激光实验室以及产业界相比较,他们的条件不占优势,有的看起来还很落后,甚至是处于劣势。“但我们有可能实现‘换道超车’。”所谓“换道超车”,是说郑婉华团队在研究上敢于自主创新,走了一条更有特色的发展之路。

## 低成本、高效率、低功耗

普通半导体激光器的缺陷是光的汇聚能力差,由此导致了其在使用时的高成本、低效率、低功耗。

“激光的方向性是很好的,但半导体激光发射出去像一个大喇叭口,输出光严重发散。使用时只能采用加入光学透镜组的方法。”据郑婉华介绍,一个半导体激光器的功率一般

在10瓦左右,在高功率应用时往往需要成百上千,甚至上万个半导体激光器组合起来,“假设一个半导体激光器前加三个光学元件,一万多个半导体激光器前就要加三万个元件”。

郑婉华团队的研究通过微纳结构调控光场,增强了半导体激光器的光束质量和汇聚能力。“从提出一些基本原理,比如复合腔、全光子能带原理直至用了最新的拓扑结构,都是围绕着一个目标。通过微纳结构调控光场,使半导体激光器输出光不再是发散的椭圆光斑,而是一个低发散的圆光斑。”郑婉华解释道。这项成果应用到实际中,“虽然尚不能把3万个光学元件全都去掉,但有可能把光学元件减少到300个,实现了数量级的跨越,从而提升了系统的稳定性和使用寿命。”

由于发光亮度高、汇聚能力强,她们研制的光子晶体激光器的功率密度比原来的半导体激光器提高了几倍。在相同的激光功率密度要求下,如果普通激光器需要2瓦电功率驱动,他们研发的激光器则只需要1瓦左右,即

只需要原来功率的50%~60%,整体功耗降低。低功耗、高稳定性和小体积会给整体系统带来巨大的竞争优势。目前,这种具有一系列自主知识产权的低成本、高效率、低功耗的高亮度半导体激光器技术正推向产业化,初步实现了郑婉华立志让半导体激光器更“好用”的初衷。

## 充满战斗力的团队

郑婉华团队70%成员是非常有战斗力的年轻人。在她的带领下,团队成员学会了脚踏实地去探索,他们为科研付出,远超出一般同龄人的艰辛,以高度的责任感和使命感自我严格要求。郑婉华坦言:“不过从某种意义上讲,他们跟着我作研究也是蛮辛苦的。基本上没有周末和假日。”

团队成员、副研究员王宇飞自2009年加入团队,在将近10年的工作中,每一次集中攻关的科研经历,都令他印象深刻。“加班实验到深夜已是家常便饭”,研制的激光器在项目验收时获得了同行专家和用户的一致好评是对这种辛苦付出的最好回报,“从理论推导到模拟仿真,计算结果再好,与实现器件的性能指标之间还是有很大差距”,这是在严格考验一个团队的科学水平和能力。能经受住最后的考验,也归功于团队长期坚持不懈地研究积累。团队骨干成员、研究员渠红伟也表示,团队协作、攻坚克难是团队的常态,“如果一件事情做不完,大家一起加班加点,干到凌晨两三点是常事”。在团队工作中,郑婉华首先要求大家必须把相互协作和支持放在第一位。在她的带领和促进下,团队成员养成积极主动、有始有终、双赢思维、协作增效、不断更新的好习惯、好传统。

光子晶体激光的研究是集基本原理、工艺技术、应用拓展为一体的系统性研究,因此团队成员之间的协作是获得成功的最基本保证。“如果一个好想法和思路不能彻底贯彻,团队成员不具备攻坚克难的精神状态和意志,一项研究根本就走不到底,更不要说实现创新跨越了。”

未来,团队的目标是“把半导体激光器前的透镜去掉”,技术向前进步的每一点都需要持续不断的长期积累。“这需要过一个过程,我们对此充满信心。”郑婉华最后说。

# 一位青海人的“浆果情”

■本报记者 沈春雷

“浆果情”是中国科学院西北高原生物研究所研究员索有瑞的网络ID名,小小的网络昵称便能窥见他对他家乡的热爱和对浆果研究的情有独钟。

索有瑞是土生土长的青海人。近年来,索有瑞以青海东部沙棘、树莓、茶藨子和柴达木白刺、枸杞和黑果枸杞为研究重点,通过技术转化培育形成了一批高原特色的生物产业集群和产业链,帮助当地走上了一条集资源开发、生态保护和资源地农牧民脱贫致富于一体的产业发展新道路。

4月3日上午,中共青海省委、青海省人民政府召开青海省科学技术奖励大会,青海省委书记、省长王建军为索有瑞颁发了2017年青海省科学技术重大贡献奖的奖励证书。

## 有趣现象引发的研究

白刺、沙棘、枸杞、黑果枸杞……这些是青海的特色浆果。“每到秋天,酸溜溜的沙棘果是我儿时记忆最深的味道。”他告诉《中国科学报》记者。

1996年,索有瑞在柴达木盆地考察时发现两个有趣的现象:一是牧民吃了加有白刺果汁的酸奶后血糖降得特别快;二是当地蒙古族牧民秋天将白刺果采摘晒干后,来年春天喂给下羔的母羊,羊羔成活率高。

这引起了索有瑞的重视,他通过研究证实了白刺果的药用价值。此后,他组织科研团队,对沙棘、树莓、茶藨子和柴达木白刺、枸杞和黑果枸杞等展开重点研究。“我们从最早的

防沙治沙植物研究,转到小浆果的价值研究。”索有瑞说。

这一干就是20多年。随着研究的深入以及白刺果身价的上涨,索有瑞团队的研究范围也扩大到沙棘、红枸杞、黑果枸杞等高原浆果资源,先后建立了浆果采集技术、果汁分离技术、果汁低温浓缩技术等,以及浆果黄酮、生物碱、多糖、原花青素、色素、蛋白等提取、分离、纯化技术,解决了规模化利用的技术难题。

索有瑞主持完成的《柴达木盆地白刺资源研究与开发》《青海生态经济林浆果资源研究与开发》等专著,对青海生物资源开发和生物产业的形成壮大提供了理论基础和开发途径。

团队开发的新技术、新工艺和新产品申请国家发明专利182项,其中66项已授权。索有瑞说:“我们有128项专利在相关企业实施,实施率70.3%,产生了显著的经济、社会与环境效益。”

## 技术群支撑产业链

“资源高质化利用是我们团队的目标,也是企业所追求的。我们的科技成果转化率之所以很高,是因为很多研发是在企业的车间里完成的。”索有瑞告诉记者。

索有瑞团队在青海省生态经济林浆果资源领域的研究已经形成完善的技术群,并与多个企业进行了合作,主要包括青海康普、清华博众、青海诺蓝杞、青海圣峰科技、可可西里药业、格尔木源鑫堂和青海新泰行等。据悉,索有瑞团队与青海清华博众共同研

发了沙棘酒、沙棘冰酒以及沙棘Vp粉等产品,形成了“青海青”的品牌产品,这些产品不仅销往北京、上海、广东、福建等国内市场,还远销欧盟、北美、东南亚等海外市场。

团队还与康普生物共同研发了沙棘籽油、沙棘果油、沙棘果粉、沙棘总黄酮、枸杞籽油等系列产品,形成了“呀拉索”品牌。“我们开发的产品受到了广大消费者的青睐,产值快速提升,拉动了整个浆果产业的飞跃发展。”索有瑞说。

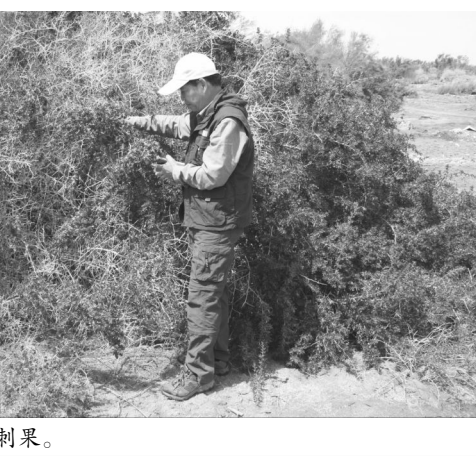
截至目前,索有瑞团队研制了药品、保健食品、果汁类、果粉类、籽油类、生物活性中间体提取物、化妆品等7大系列70余个产品,为资源利用提供了有效途径,同时推动了青海省地方大健康产业的示范与发展。

索有瑞很高兴能通过自己从事的生物研究,让家乡的小浆果成为宝贵资源,进而转化为现实的生产力。

## 发起成立产学研联盟

2010年,索有瑞发起中国科学院西北高原生物研究所与多家企业及大学科研机构合作,并正式签订合作协议,成立了生态经济林浆果产学研创新联盟。

他说:“我们希望联盟可以将科研院所的研发技术平台与企业的产业化平台密切结合,使技术和产品转化为经济优势,促进青海省特色生物资源的高效利用和生物产



索有瑞和白刺果。

业健康发展。”

索有瑞也以实际行动践行联盟成立的宗旨,他带领团队在帮助农民增收的同时,还有效地调动了广大农牧民保护和种植生态经济林植物的积极性,巩固退耕还林成果,促进生态建设,实现青海“生态立省”战略。

通过联盟的努力,青海生态经济林浆果产业迈入由小到大、由弱到强的快速发展阶段。索有瑞指出:“联盟支撑起4家开发浆果的龙头企业,规模化利用青海浆果资源的产业平台已经形成。”

据统计,联盟推动的成果产业化累计新增产值35.5亿元,利税3.89亿元;农牧民增收收入14.45亿元,使10万户、30万农牧民通过采摘浆果脱贫,推动了青海120万亩沙棘、白刺和枸杞林天然林保护与人工林建设工程。

索有瑞希望自己的科研工作能推动生态经济林的恢复重建与规模化种植,改善脆弱生态,带动生态保护。“让荒漠变绿洲,荒山变青山,甚至成为产业升级、农牧民脱贫致富的金山银山。”

# 中科院上海硅酸盐所提出纳米催化医学新概念

本报讯 恶性肿瘤已经成为人类的“第一杀手”。攻克癌症一直是科学家努力的方向。然而,癌细胞以其复杂多样的代谢方式和生态微环境给癌症的治疗带来极大困难。常规的癌症化疗,在高毒性的药物作用于全身造成强烈毒副作用的同时,病灶的药效却随之大幅下降。事实上,很多患者最后死于药物毒副作用或耐药性及由此引起的转移。因此,开发无毒、安全和高效的癌症治疗体系尤为必要。

4月11日,记者从中科院上海硅酸盐所获悉,该所研究员施剑林和陈雨经过多年深入研究,在国际上首次提出了“纳米催化医学”的新概念,即利用纳米颗粒的催化

反应原位杀死肿瘤细胞。这一工作有望为个性化生物医学提供一种全新且低毒有效的癌症诊疗解决方案,从而为纳米医学领域的发展提供新的研究思路。这一重要的研究成果近日发表于国际权威综述学术期刊《化学学会评论》。

据悉,研究团队成功制备出单分散的、直径约一百纳米的硅化镁纳米颗粒。肿瘤区域氧气将被硅化镁大量消耗,并生成枝状氧化硅堵塞血管,阻断氧和营养供给,抑制肿瘤生长。这种纳米颗粒在正常组织的中性环境下稳定,无毒无害;最后,这些氧化硅颗粒还可以在一段时间内彻底降解。

同时,研究人员又合成了一种枝状介孔

二氧化硅纳米粒子作为药物运输载体,依次负载超小四氧化三铁纳米粒子和葡萄糖氧化酶,构建一种新型的纳米催化剂。该催化剂利用肿瘤细胞内旺盛的葡萄糖和微酸性代谢环境,连锁地进行高效的生物酶催化和芬顿催化反应。在杀死肿瘤细胞的同时,不对正常的组织和器官造成损害。体内动物实验结果显示,该纳米催化剂对健康的小鼠在三周的时间内没有不良影响。在小鼠的体内治疗毒性研究中发现,抑制效率达到85.6%,表明该纳米催化剂具有较好的肿瘤杀伤和抑制能力。

除了“内攻”,“外攻”也是重要的手段。该团队利用介孔氧化硅纳米颗粒为载体,将

无毒的金属卟啉分子运输至癌症病灶,在超声外场作用下,瘤内催化产生大量单线态氧自由基,安全高效杀灭肿瘤。如此一来,不用毒性化疗药物,实现了高效超声响应治疗。

施剑林表示,如果能够采用无毒/低毒的纳米颗粒,通过选择性地催化或触发肿瘤组织内部的特定化学反应,在局部产生数量可观的特定反应产物,则可以实现一系列的生物学和病理学响应,这可能在不对正常组织产生显著副作用的情况下,实现肿瘤特异性的治疗,以达到特异性的癌症防治目的。

他特别强调,相关成果目前还停留在实验室阶段,将会进一步推动这一方向的深入研究,以尽快在临床上造福于病人。(黄辛)

## 中科院野外台站系列报道⑬

滇西北地区地质特殊、地形复杂、气候多样,是世界上生物多样性最丰富的地区之一,中科院昆明植物所丽江森林生态系统定位研究台站位于滇西北的核心地区。

丽江森林生态系统定位研究台站负责人、高级工程师许琨对《中国科学报》记者说:“当前台站的定位是进行野生植物资源的收集、建设相关资源圃;致力于野生植物资源可持续开发利用,进行相关配套技术研发及其推广应用;配合样地体系,对生物多样性动态长期监测。”

## 保存野生植物种质活体资源

丽江森林生态系统定位研究台站是丽江高山植物园核心区组成部分之一,这里是世界上海拔最高、植被类型丰富、植被垂直分布带完整的唯一高山亚高山植物园。

对于研究台站的发展轨迹,许琨如数家珍。“2012年研究台站加入中科院生物局组织的生物多样性研究网络,成为中科院10个森林台站之一;2013年加入中国森林生态系统观测研究野外台站联盟和中科院森林生态控制实验联网研究;2016年成为中国森林生物多样性监测网络及中国植物园联盟的一员。”

许琨说:“我们的一个重要任务是植物种质活体的资源收集和保存,现在以每年50种的速度将植物栽种到丽江高山植物园中。例如玉龙雪山、大理等地方,我们会形成区域的专题采集。”

研究台站是昆明植物所“三个突破”“iFlora研究计划”和“植物核心种质资源创新研究”的重要技术支撑平台,也为昆明植物所“五个重点培育”生物多样性的地理格局研究方向作出重要支撑。

在研究台站15位工作人员的努力下,丽江高山植物园引种保存有经济价值及开发应用推广前景的活体植物500余种,其中,包括滇西北重要药用植物200余种、高山亚高山观赏花卉230余种。在这当中,杜鹃属植物100余种、报春属植物100余种,其他观赏花卉30余种等。

在研究台站工作,最重要的一项工作任务就是进行野外科考。每个人在外出时,都会在一个本子上记录自己的外出时间。许琨说:“根据这个本子的数据,我们平均每个月有15~20天在野外,一年加起来也有200多天。”

从进到昆明植物所的那一刻起,许琨说自己就像被扔进了一个“大熔炉”。在这里,有80年的科研积淀,求真务实的科学氛围,他自己也会被这样的环境所感染。

“我在野外工作17年,滇西北的大山基本都去‘朝拜’过,做这个不是为了谋生,而是带着对大自然的兴趣和敬畏,这样也就不觉得辛苦了。”许琨告诉记者。

## 动态监测生物多样性

除了野外科考,研究台站重要的工作内容之一就是进行生物多样性的监测、研究、实验工作。

许琨介绍,目前研究台站开展了云杉坪25公顷暗针叶林动态监测大样地、滇西北森林固碳项目样地调查、对丽江玉龙雪山南坡进行海拔梯度样地设置、文山生物多样性监测和全国森林资源连续清查植被专项调查项目等。

为了更好地进行动态监测工作,研究台站配备了一系列相关仪器,例如芬兰维萨拉自动气象站、美国戴维斯无线气象站、全自动数字式自动蒸发站等等。

许琨说:“芬兰维萨拉自动气象站能自动收集空气温湿度、大气压、风向风速、降雨量、总辐射、分层土壤湿度等数据,提供每分钟、每小时、每天的数据汇总,能够有效反映环境本底资料,我们会有工作人员定时去收集数据、维修监测仪器等。”

与此同时,研究台站还配备了森林冠层生物多样性监测系统、森林地下根系多样性监测系统、森林物候监测系统等。

研究台站的森林结构三维激光扫描系统,可以记录详细的三维森林空间结构,测量森林冠层结构,精细记录单木的三维立体结构,也可以分析树的密度、高度、周长,还能监测林窗的三维空间结构变化。

在生物多样性监测中,研究台站会经常碰到一些濒危的物种。许琨说:“不能写个报告上去就了事,我们还要找出应对的策略。例如有些种子繁殖比较困难,我们就利用生物技术、仪器设备,打破繁殖障碍,有效扩大种群数量。”

“一般情况下,具有经济价值、濒危珍稀的植物物种,都藏在深山里,我们就得往偏僻的地方走,泥石流、滚石、毒蛇毒虫,都已经见怪不怪了。”许琨表示。

## 开展技术推广示范

在长时间的科研工作中,研究台站逐渐形成了技术专利,在当地开展相关的推广示范,既可以保护本地生物多样性,还能服务地方社会经济发展。

2013年起,研究台站开始了“野生优质滇重楼品种驯化选育及扩繁技术研究示范”项目。我国传统中医认为滇重楼有清热解毒、消肿止痛、凉肝定惊的功效,但滇重楼的培育一直存在萌发率、成苗率低的问题。

许琨说:“滇重楼有20多种,如果研究不透,很可能有灭绝的危险。通过我们的努力,实现了滇重楼种子60天萌发,180天成苗,突破了滇重楼传统播种方法萌发时间长的关键技术瓶颈。实现示范推广”种植100亩,每棵苗的售价也提高了,为滇重楼产业化发展提供可靠技术支撑。”

除此之外,研究台站还开展了云南濒危药用植物野生优良品种引种和人工繁育技术研究推广体系建设,完成了滇重楼、珠子参、白芨、金铁锁、黄秦艽五种道地药材开展种质资源收集、资源评价、生理生态适应性研究,制定了栽培管理技术规程、病虫害防治技术规程,以及良种繁育体系建立,以解决药用植物产业化配套利用关键技术问题。

研究台站还与云南白药公司合作项目,进行滇西北特色药用植物收集、选育、迁地保护,引种保育滇西北特色药用植物270种,共计2万余株。

工作之余,研究台站一直参与昆明植物所的科普活动。例如在求真科学院中,他们带领学员认识和采集植物标本种子。许琨说:“结合生态旅游,我们会制作相关的手册、书籍,进行植物知识传播。让更多的人热爱大自然,加入生物保护的行列中。”

# 丽江森林生态系统定位研究台站:维护滇西北生物多样性

■本报见习记者 高雅丽