

和光电倍增管一起倍增成长

——新型光电倍增管合作组

青年人的成长故事

钱 森

(中国科学院高能物理研究所 100049)

一、引子

2022年3月24日《新闻联播》“奋进新征程·建功新时代·伟大变革”专栏,头条播出《勇于突破,努力实现高水平科技自立自强》特别节目,报道了中国科学院高能物理研究所主导的产学研合作组研发光电倍增管的成果(图1)。

光电倍增管是宇宙线观测、中微子实验中技术含量最高、最关键的器件之一。2013年,习近平总书记来到中国科学院考察,在中科院高能物理所提出,必须树立雄心、奋起直追,推动我国科技事业加快发展。这句话给高能物理所团队极大的鼓舞。为早日解决大型科研装置中核心技术问题,高能物理所加快研发,经过无数次的实验,最终研制出具有世界先进水平的光电倍增管。

此次特别报道展现了新时代青年科研人员为实现核心关键技术设备的自主可控,在基础研究、

核心关键技术上,不断创新,勇于突破的精神风貌。

二、光电倍增管的研制背景

光电倍增管作为光电探测器件,早在1934年就已发明研制出来。随着科学技术的飞速发展,光电倍增管的性能、功能、使用范围等也不断发展,八十年代开始出现耐高温、宽选通功能、微通道板型等各种新型光电倍增管。随着探测技术的发展,光电倍增管的增益、阴极灵敏度、时间特性等都有了明显提高,其应用遍及冶金、电子、机械、化工、地质、医疗成像探测、核技术工业应用、天文和宇宙空间研究领域。

在基础物理学领域,高能伽马射线和宇宙线探测、地面及地下宇宙射线望远镜、双beta衰变实验、质子衰变实验、暗物质探测,尤其是大型中微子探测实验,对光电倍增管在性能指标和数量要求上都提出了更高的指标。比如建址在南极冰下的中微子实验(ICECUBE)、建址在加拿大矿洞里的太阳中微子实验(SNO)、建址在日本地下的低能反中微子实验(KamLAND)和中微子实验(Super-K)、中国的大亚湾中微子实验(Daya Bay)等,都使用了成千上万支大型的新研发的光电倍增管。

光电倍增管生产工艺繁杂,前期投入和生产中劳动力成本都很高,新产品开发周期长、设计研究需要投入大量经费,诸多因素使光电倍增管成为一

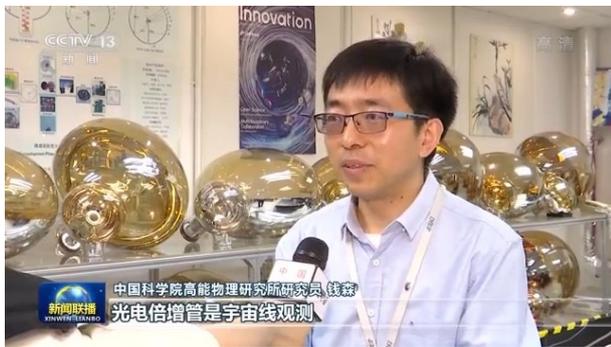


图1 新闻联播截图

个进入门槛较高的行业。上世纪60年代,在“两弹一星”的推动下,中国的光电倍增管行业从无到有,建立了基本完整的体系,至少有2家企业实现了规模生产,满足了国家需求,在各方面发挥了重要作用。在改革开放后的市场大潮中,一方面军品需求减弱,另一方面原有的国营企业管理效益不高,产品技术落后,质量、性能及商业化水平等均在与国外企业的竞争中败下阵来,相关企业及产品在本世纪初逐渐消失。

在国际上,本世纪初光电倍增管的主要生产厂商也从几十家逐渐分化整合为日本 Hamamatsu、美国 BURLE、法国 Photonics、俄罗斯 BINP 等几家。其中 Photonics 已经停产普通 PMT 的生产。特别是大面积光电倍增管由日本滨松公司发明,也基本上被其垄断。日本滨松公司上世纪60年代基本与中国的光电倍增管企业同时起步,从一个默默无闻的小公司成长到今天的世界性行业巨头,主要还是得益于抓住当时日本神冈、超级神冈实验室建立的机会,顺应市场需求,和东京大学高能物理实验室合作,以项目为牵引,共同研制成功大面积探测用光电倍增管,并在上述两个项目中得以应用,从而带动了自身的发展和壮大。随后成功地为多个国际中微子探测实验提供了光电倍增管,不仅基本垄断了直径为5”、8”、15”、20”的大面积球面光电倍增管,更是垄断了全球70%、中国90%的普通光电倍增管的生产销售份额。

2009年中国科学院高能物理研究所相关课题

组,依据在科研项目中大量使用光电倍增管的经验和需求,结合国际上新型光电倍增管研发趋势,提出具有自主知识产权的新款设计方案,与国内多家光电倍增管生产企业建立合作关系,期望在此款管型实物化的过程中,带动和促进国内光电倍增管的研发和生产,推动我国光电探测技术的发展。

三、新型光电倍增管的研发历程

自上世纪末,高能所许多人就一直试图在国内研制大面积光电倍增管。2008年大亚湾反应堆中微子实验工程建设期间,高能物理所启动了大亚湾二期(现更名为“江门中微子实验”)关键器件——光电倍增管的预研,希望实现国产化。

在2009年,高能所以王贻芳院士为主的项目组,提出一款新型光电倍增管设计方案(图2),期望通过小型化的倍增极结构(图2右图)替换大面积的打拿极结构(图2左图),透射式光阴极和反射式光阴极的联合探测,实现整管探测效率的提升。

1. 专利

在设计研发阶段,项目组注重知识产权保护,通过申请相关发明创造专利和工艺设计专利,来实现对项目和合作伙伴的原创性设计和工作的保护,在该款光电倍增管的研发生产中把握主动权。

该专利申请为一只基于微通道板型(MCP)的大面积光电倍增管(Large-MCP-PMT),区别于申请日之前最接近的关于光电倍增管的技术。现有的技

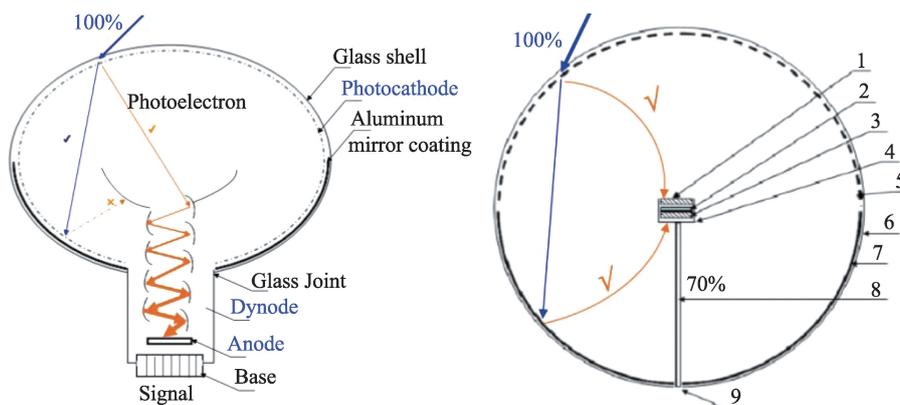


图2 一款新型光电倍增管设计方案

术主要分为两种类型:一种是基于分离打拿级(Dynode)的大面积光电倍增管(Large-Dynode-PMT),一种是基于微通道板的小型紧贴聚焦型光电倍增管(Small-MCP-PMT)。前者光阴极面积可以做到很大,但由于其使用大面积的聚焦电极设计,只能利用其透射式光阴极,而不能利用其反射式光阴极;后者使用MCP作为倍增级,但是只能使用与MCP大小可比拟的小型光阴极,形成紧贴聚焦型结构设计,由于MCP尺寸一般小于1英寸,这样的样管一般最大只能做到一寸左右。

该方案不是简单地将现有的两种方案组合在一起,而是基于具体的物理需求,通过静电聚焦设计,以微通道板组件作为小型电子倍增极,置于(近似)球形的玻壳中心,上半球玻壳内表面蒸镀透射式光阴极,下半球玻壳内表面蒸镀反射式光阴极。入射光首先通过透射式光阴极转化为光电子;未被透射式光阴极吸收的入射光投射到下半球玻壳,继续在反射式光阴极上产生光电子。通过采用大球面端窗输入、缩小倍率的电子聚焦结构、微通道板电子倍增器,使器件具有尽可能大的光敏面、优化探测效率。

此款创新设计方案在2009年6月10日申请国家发明创造专利:《一种光电倍增管》专利申请号:200910147915.4;完成国际检索报告:专利申请的权

利要求全部具有新颖性(N)、创造性(IS)、工业实用性(IA),随后,项目组分别在主要的光电倍增管生产国家:美国、俄罗斯、日本、欧共体申请了国际专利。同时,该专利获得中央财政关于“国家资助向国外申请专利(PCT)专项资金”资助。

于2012年中,获得中国发明专利(图3左图),专利号:ZL200910147915.4;

于2012年底,获得美国发明专利,专利号:US 8 324 807 B2;

于2013年中,获得俄罗斯发明专利,专利号:RU2011152189;

于2013年中,获得日本发明专利(图3右图),专利号:特願2012-508875;

于2017年底,获得欧盟发明专利,专利号:EP 2442350

同时,在研制过程中,项目组还针对具体的设计和工艺,在合作组框架内,申请诸多具体型号的光电倍增管的专利,形成专利池,保护我们的设计和产品。

2. 合作组

光电倍增管的研制和生产牵涉到许多方面,不是高能所一家可以完成的。针对新型光电倍增管研制生产环节面临的诸多技术瓶颈问题,项目组织



图3 一款新型光电倍增管专利证书

极联系国内光电倍增管和微通道板生产厂家,与之建立合作关系,结合研究所基础研究的优势和工厂加工与量产的优势,共同努力实现对项目组设计的该款新型光电倍增管的研发。

考虑到20吋光电倍增管的要求,项目筹备组曾先后与国内许多相关单位进行洽谈和合作,在与某研究所首期合作失败后,2011年底成立由高能所牵

头(图4),由北方夜视技术股份有限公司(图5)、中科院西安光学精密机械研究所、中核控制系统股份有限公司和南京大学等单位组成的微通道板型大尺寸光电倍增管产学研合作组,制定了合作组章程和保密协议。成立了合作组执行委员会,推选王贻芳院士为合作组发言人,刘术林研究员为合作组项目负责人,钱森副研究员为合作组秘书。

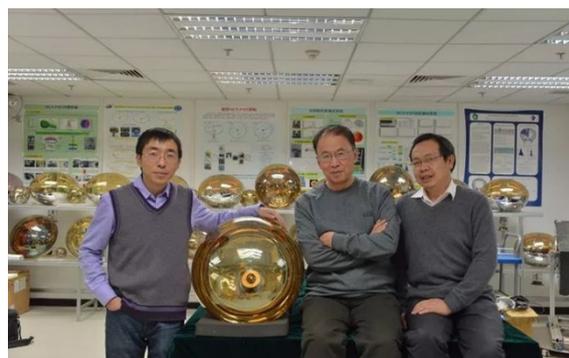


图4 光电倍增管合作组——高能所主要人员(左起:王贻芳,钱森,赵天池,刘术林)



图5 光电倍增管合作组——北方夜视主要人员(左起:王兴超,孙建宁,司曙光,任玲,李东)

在5年的联合研发过程中,项目组经过艰苦攻关,攻克了高量子效率的光阴极制备技术、微通道板、大尺寸玻壳、以及真空光电子器件封装技术等多个技术难点,先后召开了二十余次合作组会议和十余次技术研讨会,最终研制出量子效率、收集效率和单光电子峰谷比等关键技术指标达到国际先进水平、拥有完全的自主知识产权的样管。

很多次的联合攻关都是面对突然出现的一些

技术工艺问题,现场人员无法独自解决,项目组就在合作组单位的范围内,征集邀请相关领域的专家学者,临时组织技术攻坚。尤其是多位已退休安享天伦之乐的老专家(比如项目组顾问、华盛顿大学赵天池教授,高能所电子学专家王佩良研究员,……),也和我们年轻人一起连夜出差,在现场熬夜加班,用他们渊博的知识和丰富经验,为具体工艺问题的解决把脉问诊。图6为2014年初,在解决了某个困扰项目很久的技术难题后,合影留念,可以放心回家过年的愉快心情洋溢于每个人脸上。

2015年12月16日,“江门中微子实验20吋光电倍增管采购合同签约仪式”在中国科学院高能物理研究所成功举行,通过公开招标方式,北方夜视获得JUNO20吋PMT订单的75%份额,共计15000只20吋MCP_PMT。在仅仅只有一只样管、企业还没有批量生产经验的情况下,为了推动技术的国产化、扶植国内企业并实现最好的性价比,江门中微子实验项目组在采取了充分的安全措施后,签订了这一似乎风险巨大的合同。实践证明这是极为正



图6 光电倍增管合作组联合攻关留念(前排左起:司曙光,赵天池,王佩良;后排左起:韦永林,李晓峰,赛小锋,刘术林,黄国瑞,钱森)

确和成功的。

科技日报等多家媒体公开报道:“江门中微子实验20吋光电倍增管采购合同签约仪式”的举行,按合同约定,中国兵器工业集团北方夜视技术股份有限公司,将在3年内为江门中微子实验生产1.5万支拥有完全自主知识产权的20吋光电倍增管。这将标志着,作为光电倍增管研制合作组的核心单位——北方夜视,从一个从没有光电倍增管制备经验的军品企业,成功开发出新型微通道板型光电倍增管这一民用产品,并且达到世界先进水平。

此前,这类20吋的光电倍增管全世界只有日本的一家公司能生产。光电倍增管的厂家生产和科研应用相结合,相互促进,实现了双赢。

3. 样管和产品

在全体合作组同仁共同努力下,

2012年制备出第一只8吋的可探测单光子的MCP-PMT样管;

2014年制备出第一只20吋可探测单光子的MCP-PMT样管;

2015年底研制出满足江门中微子实验(JUNO)要求的样管,通过国际招标,落实了订单合同;

2016年,完成生产线建设;完成批量测试平台建设;

2017年—2021年,为JUNO和LHAASO持续生产稳定合格的光电倍增管(图7),针对合同中所有



图7 20吋大面积MCP-PMT样管

的性能参数,对每一只管子进行100%的必测,同时开发数据库,通过数据监测,进行质量控制和生产监测。

四、平台的扩增

1. 实验室的成长

PMT研制期间,我们在中国科学院仪器装备研制项目(所级)、国家自然科学基金和中科院先导专项资助下,基于高能物理实验特有的电子学和实验平台,基于室温单光子探测技术,超快波形采样技术,在高能所建立了完善的“光电器件性能标定实验室”,加入中科院仪器共享平台,如图8所示。1个实验大厅配合7个实验暗室,可以同步进行如PMT, SiPM, 各类闪烁晶体的性能标定研究,为使用光电器件的科研人员提供专业的样品性能标定测试。

2. 夜视公司的成长

为了满足大科学工程装置对核心探测器件国产化需求,充分考虑自主研发光电倍增管的基础和能力,在中科院高能物理研究所的组织下,2012年与北方夜视技术股份有限公司南京分公司(以下简称“南京分公司”),成立微通道板型光电倍增管研制合作组,每两个月组织召开一次合作组会议,共同协商解决技术难题,如大尺寸低本底玻壳、大面积光电阴极制备、高增益且长寿命微通道板制造以及单光子信号检测等核心关键技术。同年5月,在南京建设了一条8吋微通道板型光电倍增管试验线,并顺利研制出8吋光电倍增管样管,克服多个看



图8 在IHEP建立的PMT性能标定实验室

似不可逾越的技术难关,依托成熟的军用微通道板技术及像增强器制造技术经验,在光电转换、电子倍增、电子收集等核心环节突破了相关技术瓶颈和关键工艺。

2012年与南京分公司成立微通道板型光电倍增管事业部,立足于“江门中微子实验”项目所用核心光电探测器件,紧贴各大科学工程需求,极大地推动“中国制造”核心探测器件的可持续发展。

2015年9月南京分公司研制出20吋微通道板型光电倍增管产品。在同年的国际竞标中,与日本滨松公司同台竞技,公司成功中标“江门中微子实验”项目1.5万只。

2016年11月,建成国内首条20吋微通道板型光电倍增管生产线,形成了年产7500只生产能力。

2017年,为满足“高海拔宇宙线观测站”项目对20吋微通道板型光电倍增管的时间特性提出更高的要求,设计自动触发机械结构,

2018年6月研制成功高时间特性的20吋微通道板型光电倍增管,为世界首创。2018年9月,成功中标《中国科学院成都分院高海拔宇宙线观测站大尺寸光敏探头采购项目》,并于2019年11月完成交付。

五、个人成长

任何项目的顺利实施,除了团队领头羊高屋建瓴的把握方向和坚定的决策支持,每一位成员,若都能发挥自主能动性,积极主动地参与,必将快速的推动项目的进展。

光电倍增管的研制历程,恰恰就是这样生动的

案例,院士和资深研究人员牢牢地把握国产化的大旗不倒(图9);合作组中坚力量,各个单位的负责人和具体项目负责人,不但发挥各自的专业所长,更是在资源调用,合作协调方面给予项目组最大的支持;合作组的青年人,更是以一腔饱满的热情,甘坐冷板凳,攻坚克难,充分发挥青年人敢想敢干的优良品质,如同给每一节列车都装上了动力系统,将普快的列车升级为高铁,在光电倍增管的国产化道路上勇往直前。

这些年轻的学子们,尤其是几位博士,从高能所的PMT实验室离开,又直接走入高校的实验室,继续从事科研工作,他们的个人成长,也是MCP-PMT合作组宝贵的成果。

夏经铠:2012年底作为高能所的一名研二学生,加入了MCP-PMT研制项目,负责建立针对大面积PMT的测试系统并开展样管性能测试。随后的三年多时间,他持续完善了测试系统的功能,并完



图9 PMT合作组负责人王贻芳院士在实验室指导样管测试

成了上百只样管的性能测试分析(图 10),最终和项目组一起实现了性能满足 JUNO 需求的 MCP-PMT 样管的研发。从高能所毕业后,他一直从事和探测器研究相关的工作,目前在上海科技大学进行 X 射线探测器研究。



图 10 夏经铠博士在实验室测试 20 吋样管

“整个项目期间,我学习掌握了多项探测器研究技能,熟悉了高挑战性研发项目的攻关模式,培养了解决问题的能力。在 MCP-PMT 项目期间学习积累的探测器技术,为我毕业后的工作打下了坚实的基础,在项目中挑战技术难点的经历为我后续的探测器研究工作提供了宝贵的经验”,回顾这段科研经历,夏经铠感慨道:“我知道这样一个技术研发取得突破并成功产业化的过程实属不易,我毕业后在许多场合听到对这个项目的积极评价,很高兴自己曾在这个项目中尽一份力”。

高峰:高能所的硕士研究生,在学生期间主要从事大面积 PMT 性能研究工作,对 PMT 的各项性能指标进行测试和分析。负责搭建了 PMT 的 flasher 测试系统,并对 20-inch Dynode-PMT 和 MCP-PMT 自身的 flasher 信号进行了测试和分析;在 PMT 标定实验室建设的基础上,她利用螺线管线圈补偿,研究了大面积 PMT 的地磁场效应,为江门实验提供参考。硕士毕业之后,继续从事和 PMT 相关的工作,在德国亚琛工业大学读博,负责江门子项目 OSIRIS 上 iPMT 的电子学封装。8 月底,刚刚获得德国的博士学位,同时入职比利时大学以博士后的身份,继续从事和 JUNO-PMT 相关的工作。

“在此期间,特别感谢老师和师兄师姐的指导,我得到了很好的科学训练,软件分析能力得到了提升,工作思维和学习习惯都有了很大的改进。在参与 PMT 的研发过程,我慢慢走进了粒子物理探测的领域,在实验室养成的工作总结习惯,也让我受益匪浅”。

朱瑶:哈尔滨工业大学和高能所联合培养的博士研究生,2021 年博士毕业,入职哈尔滨工程大学。初入实验室时,他对相关研究方向一窍不通,通过文献调研以及导师或其他实验室成员的指导,逐渐对光电倍增管的各个性能有所认识。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”,即使理论知识有所了解,但是面向实际应用还需实验动手过程去认识光电倍增管性能或存在问题的每一个环节。实验过程中认真做好记录,不放过细节,然后对实验数据进行分析。实验不仅需要细心耐心,而且需要发现问题解决问题的能力,在导师的培养下,实验技能逐渐提高。毕业后,依旧选择科研工作,在博士期间所培养的自主学习、主动探索问题和解决问题的能力为以后的工作生活提供了良好基础,同时与高能物理研究所保持密切合作关系,相互学习谋求共同发展。

这些年轻的学子们,也有从高能所的 PMT 实验室离开,进入到工业界,在生产一线中,继续从事和 PMT 相关的研究生产工作。

王文文:高能所和南京大学联合培养的硕士研究生,2013 年,到高能所 PMT 实验室学习,参加光电倍增管的研发项目。他主要从事光电倍增管老化机制及电磁场对光电倍增管性能影响两个方面的研究(光电倍增管老化、寿命和可靠性是光电倍增管研发前期需要解决的重点问题;电磁场对光电倍增管的影响是微通道板型光电倍增管需要研究的重要课题之一。)研究生期间,他不仅掌握了光电倍增管相关的知识,还学习了与光电倍增管相关的电子学、结构设计等知识。通过广泛的学习,使他研究生毕业后,顺利跨领域进入华为,从事硬件电路设计。多年后,他仍能感慨:“光电倍增管研发

项目组的严谨、努力、刻苦的精神,让我在跨领域工作中,迅速掌握相关技能,在将来的工作中,我必然也会继续传承其精神。”

王兴超:合作组成员单位中科院西光所培养的硕士研究生,主要开展电真空器件电子光学仿真设计,做一些理论计算,2013年毕业后直接入职北方夜视,开始从事光电倍增管研制及产业化研究工作,更注重理论与实践的结合。目前为北方夜视光电倍增管事业部主任,具体负责光电倍增管的相关研发生产工作。工作初期,在无设备、无技术、无资料的情况下,研发团队凭借王贻芳院士发明专利中的创新设计,秉承“逢山开路、遇水架桥”的精神,凝心聚力,夜以继日,用激扬青春扛起公司赋予的重任。有志者事竟成,三年后该团队成功研制出20吋微通道板型光电倍增管(MCP-PMT),综合性能达到国际领先水平,满足中科院A类先导专项“江门中微子实验”项目需求,属世界首创。所在团队不断创新,研制出了国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站”用低噪声及高时间分辨率20吋MCP-PMT、清华大学“锦屏中微子实验”项目用8吋MCP-PMT,打破国外垄断,实现国产化替代。随着北方夜视光电倍增管产业的发展,作为团队主要成员的王兴超个人能力也得到充分提升,先后获得了省部级、兵器集团级等多项奖励,发表论文10余篇,授权专利20余项。

任玲:伴随着光电倍增管项目的开展,夜视院集团北方夜视技术股份有限公司南京分公司(以下简称“南京分公司”)85后任玲博士从初出茅庐的科研小白,已成长为夜视院集团光电倍增管方向的科技骨干,目前正在积极申报兵器集团青年科技带头人。说到与光电倍增管的缘,那是在进入公司才知道的,在上学期她作为学生跟着导师常本康教授重点开展真空光电器件研究,在导师的指导下所推算的光电阴极量子效率理论公式,就是为了光电倍增管产品,当时还是一只小白,没有问“为什么做”,而只关注于“怎么做”。

她觉得很幸运,进入公司后作为一线技术人员

见证了公司从分公司走向夜视院集团南京研究院的成长过程以及光电倍增管的发展历程,也切身感受到了科研氛围变得越来越浓厚,随之而来,科研压力也越来越大,近几年,她经历了从小白到核心研究人员、专项技术负责人、项目负责人等各个阶段,加入兵器“青年英才计划”前往清华大学访问学习,专业知识、业务水平和组织协调能力均得到提升。

马丽双:硕士、博士都在高能所的PMT实验室联合培养,一直在从事PMT的各种参数的测试方案研究与优化,各种样管的评估等。五年的时光,她从硬件小白即将变成硬件科研人员,并计划将PMT的研发作为今后研究的主要方向(图11)。面对“和光电倍增管一起成长的话题”,她道出了自己的心声:

“五年前,一次偶然的的机会第一次进到这个神秘的地下实验室,被金灿灿的大灯泡所吸引。当时也未曾想过,这个被称作PMT的大家伙将是我未来科研生活中最重要的伙伴。作为一个硬件小白,第一次与PMT打交道难免有些手足无措,在实验室老师的带领下,从PMT的结构原理,到每一项参数的测试。每一次实验,都让我对它有了更多的了解,也撰写了与它相关的多篇科研论文,希望有更多的科研人员能够了解它,能够在更多的领域用到它。除了科研领域,我也希望它被更多的人知道。它是我国第一款自主研发的大面积光电倍增管,具有极好的微弱光探测能力,可以将一个光电子放大一千万倍。每一次参加展览,我都这样介绍它,希望未曾接触科研的人都能够更直观的了解它。”



图11 马丽双博士在PMT实验室工作

六、新征程

2020年,在成功研制出20吋大面积高量子效率静电聚焦型MCP-PMT的基础上,我们将研发重点转移到研制2英吋小面积高量子效率近贴聚焦型MCP-PMT。

快速位敏光电倍增管FPMT具有50 ps时间分辨和1 mm位置分辨的特性,可工作于2T强磁场环境,广泛而大量地应用于高能物理、医疗、工业无损检测和宇宙空间研究等领域。但由于其技术垄断,价格高昂,没有被大量应用,没有发挥其应有的功能。随着科学技术的发展,医疗影像设备、大型对撞机实验的飞行时间探测器、航天航空载荷时间测试单元等,都对现有商业FPMT产品提出更高的性能指标要求和降低价格的呼声。

经过几年的努力,我们已经在FPMT的一些关键核心制备技术上得到突破,研制出的一些样管的部分单项性能指标已经超过国际最好产品的参数。有关此款样管的性能评估,已经在中国散裂中子源(图12)、美国费米实验室的束流上进行了实测,也即将在欧洲核子中心的缪子束线进行符合时间的评测。

PMT也从孤单的大家伙变成了PMT大家族,我们成功研制了多款新型PMT,拓宽了国产PMT的应用场景,其各方面性能也已经走在世界前列。



图12 凌晨1点,PMT研发人员紧张的在中国散裂中子源进行束流实验现场

与PMT一同成长的故事仍将继续……

七、后记

我们的目光再一次聚焦一位年轻人,李海涛(高能所和中山大学联合培养的硕士研究生),以他自己视角的回顾,作为和PMT一起成长的最后一个故事。

……

时光似流水般!不,比流水还要快些。

往日这流水还是喜马拉雅山上没有融化的冰雪时,我就背上了行囊匆匆来到了研究微观世界的大院——高能物理研究所,而那只是四年前的一个平凡日子。

我问导师:“咱们如何研究微观世界?”

导师说:“用光电倍增管啊!”

我问:“那是什么?”

导师回:“那是眼睛!”

从大雪纷飞,到夏日炎炎,又到大雪纷飞。

实验室外,我陶醉于“千里冰封,万里雪飘”的“北国风光”中,游览过妖娆而又宏伟的万里长城,伫立在人民英雄纪念碑前,看过五星红旗冉冉升起。

实验室内,我用那“眼睛”观察着微观世界,顺其脉络,抽丝剥茧,并将其谱写成研究成果著于纸上,并经数次修改后见刊。人皆言见微知著,我道是“见著也能知微”啊!而实验室的这些工作或许能给大科学装置——江门中微子实验提供参考,这使我平凡的研究工作变得意义非凡!

旋即毕业后,就职于生产高精尖“眼睛”的公司——北方夜视。知识储备、探索精神、求是精神,也一并带到了公司。

尽管如今由于个人原因另谋他职(入职华为,从事图像识别算法开发),我依旧心系那个能在微观世界寻找真实、寻找美好的“眼睛”。

“恰同学少年,风华正茂;书生意气,挥斥方遒。

指点江山,激扬文字,粪土当年万户侯。

曾记否,到中流击水,浪遏飞舟?

——毛泽东《沁园春·长沙》”