

十年沧桑忆宗师

——纪念蒋民华院士逝世10周年

王继扬

DOI:10.16553/j.cnki.issn1000-985x.2021.04.001

日月穿梭,光阴荏苒,蒋民华先生离我们而去不觉已是十载,斗转星移,世事沧桑,蒋先生的音容笑貌仍历历在目,他的丰功伟绩更历久弥新。

记得是1978年7月末,我结束了工厂十年“再教育”,终于来到了向往已久的山东大学,“归队”于晶体材料研究室。还记得报到后的第二天下午,我见到蒋先生,几乎没有任何寒暄,他将我派到北京中国科学院化学研究所参加结晶学和X射线衍射培训班。从此,我在蒋先生的指引下走上了为之贡献一生的晶体研究和应用之路。

蒋先生出身书香门第,少时偏爱登山,心有凌云志,足向万里行,临海(浙江省台州)家乡绵延的群峰,启迪着先生儿时的梦想,磨砺了他执着的意志。1952年新中国第一次高考,蒋先生被山东大学录取,辗转千里来到青岛求学问道。他学习刻苦,积极上进,不但以全优的成绩获准提前毕业留校任教,还加入了中国共产党。1957年,蒋先生有幸在厦门大学得到卢嘉锡先生亲传,学习晶体和晶体学。卢先生介绍的有关晶体的神奇应用使他着迷,同时又为中国还未长出有用的好晶体而惋惜,他暗下决心,一定要长出我们中国自己的晶体。

厦门回来后,他在青岛成立了当时只有三人的晶体生长小组,国内最早最大的压电晶体酒石酸钾钠(KNT)正是从这里诞生。为了满足海军对于声呐应用的需求,小组坚持不懈地研制适合我们自己海域应用的新晶体。大尺寸磷酸二氢铵(ADP)晶体在他们的手中完成并获得应用,1964年获得“工业新产品奖”,这也是当时山东大学获得的第一个科技奖励。从此,山东大学的晶体研究逐步走向全国,走向世界,走上为国防、为国计民生服务的康庄大道。育晶同时,蒋先生和他的同事们不忘育人,20世纪60年代山东大学化学系晶体专业培育出一批批骨干,走向全国乃至世界,这些精英成为中国晶体事业发展的继承者,也成为山东大学晶体事业发展的栋梁。

1978年,山东大学晶体材料研究所得教育部批准成立,这是以蒋先生为首的老一辈开创者的心血结晶,从三人小组到研究室,从青岛迁址济南(1958年),从单一水溶液法晶体生长到提拉法、熔盐法多种生长方法,从单一晶体生长到晶体结构、晶体物理和应用研究,这里已经成为中国晶体事业的重要基地。山东大学晶体材料研究所的成立标志着山东大学的晶体研究走向蓬勃发展新阶段。

20世纪70年代末,正是我国文化大革命后百废待兴、欣欣向荣的“科学的春天”,也是我国改革开放、奋发图强走向国际的年代。1979年10月,蒋先生前往德国科隆大学晶体学研究所访问,三个月的访问期间,蒋先生长了一种新晶体并测试了其性质,随后还写了论文,这些工作令所长豪休教授刮目相看。从此这位德国教授成为中国晶体界和中国人民的好朋友,为中国培养了许多研究骨干,甚至在七十岁高龄时开始学习中文,并多次访问中国。

1969年,因国防需要,国家下达了从重水中生长磷酸二氢钾(DKDP)晶体的任务。时值特殊历史时期,为国效力的决心使当时正在“靠边站”的蒋先生积极要求参加任务,从此重获科研机会。经过十余年的研究,蒋先生从生长实践中敏锐地发现,尽管KDP和DKDP晶体类似,但DKDP晶体存在单斜和四方两相,正是从其单斜稳定相区以四方亚稳相生长出优质晶体。这项研究成果以英文发表在*Journal of Crystal Growth*上,这是文革后山东大学首次在国际权威刊物上发表论文。成果在国际上引起强烈反响,当时国际上普遍认为从亚稳相生长不出好晶体,作出这一论断的美国时任国际晶体生长组织主席、贝尔实验室的劳迪斯(R.



图1 蒋民华(左)、张克从(中)先生、
刘清舜高工讨论晶体生长

Laudise) 博士亲自来到中国,当他在蒋先生陪同下看到从亚稳相中生长的优质晶体时感叹不已,当场表示要修改其所著《晶体生长》一书中的论断。回国后,他发函邀请蒋先生参加当年在莫斯科召开的第八届国际晶体生长会议,蒋先生的参会受到极大重视,交了很多国际朋友,为中国晶体走向世界创造了机会,为中国参加国际晶体生长组织奠定了基础。



图 2 劳迪斯访问山东大学合影
(1980 年,前排左 5 蒋民华,左 6 劳迪斯,后排左 2 为本文作者)



图 3 蒋先生参加莫斯科国际晶体生长会议留影(1980 年)

20 世纪 80 年代的中国,晶体研究百花齐放,成果累累。中国科学院福建物质结构研究所在卢嘉锡先生领导下,陈创天先生和一批中青年骨干在长期科研实践和理论研究基础上,提出了探索无机非线性光学晶体的“阴离子基团”理论,并在国际上推出了第一个“中国牌”晶体——偏硼酸钡(BBO);南京大学冯端先生领导开展了“聚片多畴铌酸锂”晶体的研究,为其后闵乃本先生等提出“介电体超晶格”理论和实践拉开了序幕;山东大学在蒋民华先生领导下开展了有机-无机复合(半有机)晶体的研究,提出了“双基元复合”模型,同时也开展了磷酸钛钾钽(KTP)晶体的生长研究。

在 20 世纪 80 年代前,除了 KDP 一类水溶晶体外,一直没有综合性能优良的晶体可以将 $1.064\ \mu\text{m}$ 激光转换成绿光,应用急需,全世界都在关注。蒋先生领导团队经过近两年攻关,找到了和晶体组分相应的多磷酸盐熔剂,用独创的熔盐法生长了优质的 KTP 晶体,并依靠深厚的晶体物理研究基础研究了正交晶系晶体特性,成功制作了 KTP 晶体倍频绿光器件并实现批量生产,成为中国第一个出口西方国家的高技术产品。蒋先生亲自组织生产和经营,从规格、质量和价格等多方面与国外客户沟通,面对外商压价战术不急不躁,据理力争,其高超的谈判技巧使外商心悦诚服。教授参与外贸,冲破了千年来“君子重义、小人重利”的传统观念束缚,打破了我国“高技术只进不出的沉闷局面”。《人民日报》1986 年 11 月 2 日以“教授言商”为题作专门报道和评论,褒扬蒋先生首开科技成果产业化先河之功绩。KTP 晶体出口是当年广交会数额最大的高技术出口贸易项目,同时期 KTP 晶体成果获得国家科技进步二等奖。

20 世纪 80 年代是山东大学晶体研究成果丰收的年代,蒋先生指导研究生发明的磷酸精氨酸(LAP)晶体获得国家发明一等奖;在国际上首次从激光自倍频晶体四硼酸铝钇(NYAB)中得到有效倍频绿光输出,获教育部科技进步一等奖。在获得众多科技成果的同时,也凝聚了一支团结拼搏合作创新的科研队伍,为其后

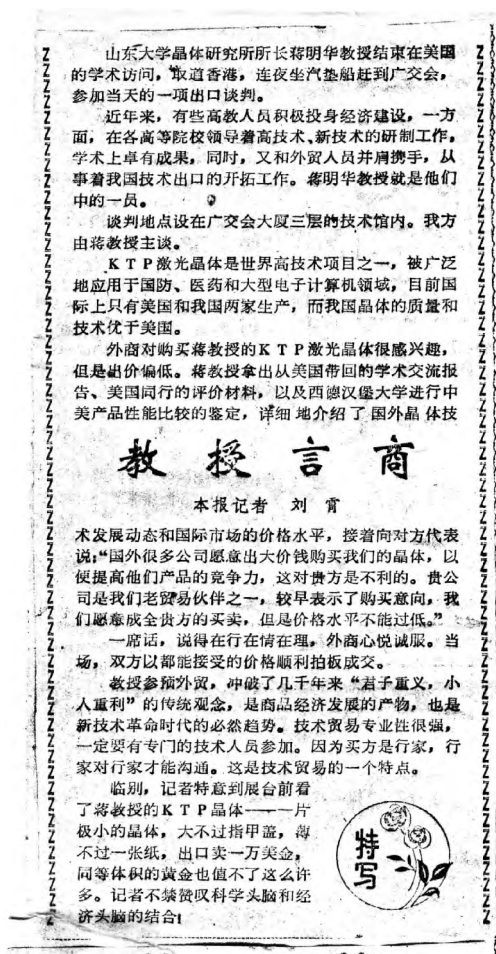


图 4 《人民日报(海外版)》报道

的发展奠定坚实基础。

20世纪80年代也是山东大学晶体事业发展的光辉年代。1982年始,蒋先生为建设国家级科研平台呕心沥血,到教育部、国家科委和国家计委等汇报山东大学晶体成就。我随蒋先生背着幻灯机四处奔波,用自制的幻灯片向各级领导展示山东大学生长的晶莹剔透DKDP、KTP和NYAB等晶体,讲述它们的重要性和意义。不懈的努力使讨论中的“国家工业发展中心”最后定名为“晶体材料国家重点实验室”并于1984年开始建设,和南京大学固体微结构物理国家重点实验室等十个实验室成为我国首批建设的国家重点实验室,这是当年科技改革中的大事,被称为冲破旧科研体制的“一声春雷”。实验室于1987年通过验收并正式开放运行,实验室的成功实践和经验也成为国内重点实验室建设和运行的日常规范,而蒋先生为晶体材料国家重点实验室所确立的“需求牵引,单晶为本”的方针,也成为晶体材料实验室、研究所乃至中国晶体界所普遍接受的指导方针。这一时期,以晶体材料研究所为主体,建立了凝聚态物理硕士点、博士点和博士后流动站,到20世纪90年代,又建立了材料科学与工程一级学科博士点,还和化学学院共同建立了无机化学博士点,并获批凝聚态物理国家重点学科。山东大学成为中国晶体人才培养的摇篮,一批批风华正茂的青年学者、工程技术人员从这里走向工作岗位。

20世纪80年代,也是中国晶体发展的辉煌时期。我国209所铌酸锂晶体被国际同行誉为“中国之星”,BBO晶体的发现和应用被美国视为来自中国的挑战,承认中国的晶体研究已经处于国际前沿。也在这一时期,中国科学院福建物质结构研究所陈创天和吴以成等在阴离子基团理论的指导下发现和生长的紫外非线性光学晶体三硼酸锂(LBO),被国际晶体界和激光界所应用,并在福州以BBO和LBO晶体为主要产品成立了“福晶科技有限公司”,成为国际知名的晶体材料和器件公司,带动了中国高技术产业的发展。也是在这一时期,南京大学闵乃本先生提出了能完美解释一系列晶体生长现象的“亚台阶生长理论”,被国际上称为“闵氏理论”,同时聚片多畴晶体的研究也逐步深入,在此基础上提出和形成了“介电体超晶格”理论,一系列崭新的结果令人耳目一新。同期,北京中材人工晶体研究院沈德忠、黄朝恩先生等采用熔盐法生长了KTP晶体和LBO等晶体,特别是沈先生成功地生长了相变点多、公认最难生长的晶体之一——铌酸钾(KN)单晶。另外,中国科学院上海硅酸盐研究所、北京中材人工晶体研究院等单位的水晶、云母和金刚石等单晶的研究成果也为国际瞩目;中国科学院物理研究所生长了一系列碘酸盐晶体,中国科学院上海光学精密机械研究所生长了先进的钛宝石激光晶体……这一时期中国人工晶体研究呈现百家争鸣、百花齐放的格局,与蒋民华、闵乃本、陈创天先生及许多晶体界前辈的领导和亲力亲为密不可分,而到20世纪80年代末国家863计划的实施,更为晶体的进一步发展提供了支撑。

正是由于蒋先生对我国功能晶体的卓越贡献,1991年当选为中国科学院学部委员(院士),当年一起评选为学部委员的还有闵乃本先生等,他们相互支持努力实践,为中国材料科学和工程界作出了杰出贡献。



图5 晶体材料国家重点实验室验收会(1987年)



图6 闵乃本、蒋民华和陈创天先生(左起)在第9届国际晶体生长会议(1989年,日本 仙台)



图7 师昌绪先生授予蒋民华学部委员证书(1991年)

从 20 世纪 90 年代起,蒋先生的学术领导和影响已经远远超出山东大学和功能晶体的范畴。1989 年 6 月,863 新材料领域专门成立了人工晶体专家组,负责协调我国人工晶体基础研究和应用转化。由闵乃本先生任组长,蒋民华先生任副组长,负责协调统筹各个研究机构的力量协同攻关,为我国人工晶体研究和产业化做了许多工作。其后,蒋先生又担任了国家 863 计划新材料领域功能材料专家组组长,并继曾汉民、郭景坤先生后担任了 863 新材料领域第三届首席科学家。蒋先生意气风发,把 863 新材料领域的工作放在首位,不辞劳苦,走遍大江南北深入调研了解我国新材料领域现状,有序布置了许多前沿研究,特别是针对我国新材料研究的短板进行了布局。

到目前为止,一些仍起重要作用的项目和成果都曾得到蒋先生的重点关注和支持,且收到了明显的效果,如晶体生长装置的开发,用于 MOCVD 的有机金属化合物气体的研发,先进电池材料的研究和产业化等。蒋先生的深谋远虑、高屋建瓴将会为后人所铭记。



图 8 “863 计划”新材料领域前四届首席科学家(1999 年)



图 9 本文作者与蒋民华先生在 863 十周年成果展留影

2000 年 7 月,在教育部主持下,山东大学、山东工业大学和山东医科大学并校成立新的山东大学。千禧之年,整合了山东大学材料学科优势力量的山东大学材料科学与工程学院成立,蒋先生亲任院长。在他的主持下,山东大学的材料科研力量得到加强。其时,蒋先生还特别提出“育晶育人”的思想,倡导科研促教学,以教学培养人才,科研实力和人才培养双管齐下。为培养优秀人才,在材料学院成立了材料物理与化学基地班,认真贯彻了当时展涛校长提出的“山东大学要培养国内最好的本科生”要求。

同一时期,深紫外非线性光学晶体氟代硼铍酸钾晶体(KBBF)的研究正处于关键阶段。这种可用于深紫外波段的晶体于 20 世纪 90 年代初便已由中国科学院福建物质结构研究所陈创天团队合成,按照“阴离子基团”理论的预测,这是第一个可以实用于深紫外波段的晶体。但是,从发现至 1999 年,由于其独特的层状生长方式导致难以突破实用所要求的 2 mm 厚度难关,国际有影响的刊物 *Laser Focus World* 刊文称“深紫外波段呼唤新的中国晶体”。一个偶然的场合,负责 KBBF 项目的陈创天先生邀我们也参与 KBBF 晶体的生长攻关,我向蒋先生汇报时,他认真地要求我们认识到工作的难度,并注意搞好合作。在与刘耀岗、魏景谦教授,以及博士生张承乾等的共同努力下,用不到两年的时间,采用自发成核方法终于在实验室首次生长出厚度超过 2 mm 的 KBBF 晶体,并从中加工出 $20\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 1.8\text{ mm}$ 的晶体器件。陈创天和许祖彦先生等发明了耦合棱镜专利方法,于 2003 年首次获得了深紫外谐波光输出,该成果被学术界誉为“实现了 3 个国际首创,获得 2 项世界纪录”。这项成果的研究从中国科学院福建物质结构研究所起步,是国内中国科学院理化技术研究所、山东大学和中国科学院物理研究所等科研机构在国家“973”计划等支持下获得的合作成果,被誉为“我国不同单位通力合作攻关的典型成果”。KBBF 的成功生长和随后在深紫外科学仪器的应用,是我国科技界引以为豪的成就,KBBF 晶体及器件也成为我国向西方工业国家禁运的首个高技术产品。由于这一成果,蒋先生与陈创天、许祖彦先生共同获得 2007 年求是杰出科技成就集体奖“深紫外非线性光学晶体的发现、生长及其应用研究”。2009 年 *Nature* 杂志以“藏匿的中国晶体珍宝”为题报道了这一成果,称“这是一块完美的晶体,它确实可以使整个领域向前发展,前提是‘如果您能够得到它’,其他国家在晶体生长方面的研究,目前看来还无法缩小与中国的差距”。

这一时期,蒋先生在山东大学最为关心和支持的研究工作,除了半导体 LED 和 SiC 晶体外,还有激光自倍频晶体。在蒋先生领导下,半导体 LED 已经开花结果,以山东大学成果为基础创立了山东华光光电子公

司,实现了 LED 和 LD 产业从材料到器件到生产的全链条贯通,成为国内首屈一指的企业。SiC 晶体的研究也从引进人才、引进设备开始,到后来从晶体生长、加工到器件制备获得全面提升,成为蒋先生从光电功能到半导体晶体转型获得成功的典型范例。

激光自倍频晶体是指一种晶体同时具备激光介质和非线性光学两方面的功能。山东大学从 20 世纪 80 年代开始,从四硼酸铝钕钇(NYAB)晶体的生长取得突破到掺镱四硼酸铝钕(Yb:YAB)晶体获得国际最高的瓦级绿光输出,研究持续 20 年但一直难以产业化。由于是完全自主的创新工作,蒋先生尤其重视这类晶体的研究和实用化。20 世纪 90 年代末,法国科学家 Aka 发

现了一类新的非线性光学晶体,是硼酸钙氧钕(YCOB)及同族晶体硼酸钙氧钆(GdCOB)等,其组成 Y 或 Gd 用激活离子 Nd 或 Yb 取代就成为激光自倍频晶体。这类晶体属单斜晶系,晶体生长和位相匹配等都呈现低对称性特点。蒋先生从 20 世纪 80 年代始就强调晶体对称性与晶体物理和激光性能关系研究,更强调对晶体低对称性的研究。在蒋先生学术思想指导下,我们从提出最佳自倍频晶体筛选原则,到研究这类晶体的低对称特性,理论结合实验终于发现单斜(低对称)晶体的最佳位相匹配方向并不位于主平面,而是位于一个或几个特定方向,该方向的激光倍频效率比主平面上效率会高一个量级,这一重大发现成为这一类晶体实用的关键。但是,由于低对称性晶体在实际倍频角度、激光参数的各向异性等方面的复杂性,特别是晶体吸收与泵浦的匹配等对输出激光效率等非常关键,这一研究持续起伏十余年,终于在 2009 年开始在青岛镭视投产,2010 年通过由闵乃本院士主持的成果和产业应用鉴定。又经历十年,才在产业界开辟一片新天地。值得向先生汇报和告慰的是,由先生亲自开拓和支持的这一研究目前正进一步深入,关于激光自倍频晶体的理论和实践,在一代代山大人的坚持和开拓下形成了我国功能晶体研究的又一个特色优势,他和闵先生支持的产业也迈出坚实的步伐。2019 年镭视公司成立十周年纪念时,以自倍频晶体所生产的绿光模组产值已过亿元人民币,所开发的产品遍及各个方面,为我国国防和经济建设提供了重要支撑。

这一时期,作为 863 首席科学家和晶体界的学术领导人,蒋先生竭力推动功能材料的基础研究和产业化,同时作为国际知名的材料科学家,蒋先生担任了国际晶体生长组织的执委,创导开展了中、日双边晶体材料生长和材料研讨会,切实加强中日双方的晶体材料研究和合作交流。特别是和日本福田教授等发起组织了“亚洲晶体生长和晶体技术国际会议(CGCT)”,并于 2005 年在北京组织了 CGCT-3,团结了亚洲和国际晶体生长界,提高了中国晶体的国际地位,也为我国承担和组织国际晶体生长会议准备了条件。

2004 年,在美国举行的国际晶体生长会议上,尽管大部分中国代表因未能及时获得美方签证缺席会议,但会议还是以优势决定由中国在北京承办第 18 届国际晶体生长会议(ICCG-18),这是该会第一次由中国承办,蒋先生担任会议主席。



图 11 闵乃本、蒋民华、陈创天、佐佐木孝友和吴以成先生合影(左起,1997 年)



图 10 杨振宁先生在“求是奖”庆祝酒会上和陈创天、蒋民华和许祖彦先生合影(2007 年)



科学研究也需要奥运拼搏精神
蒋民华 2008.7.22

图 12 北京奥运会火炬手蒋民华(2008 年)

新世纪初的十年,是年届古稀的蒋先生最为忙碌的十年,也是他意气风发、锐意进取的十年,他经常每日一地,负责各种工作,参加各种会议。2008 年北京奥运会火炬传递中,蒋先生作为“火炬手”手持奥运火炬英姿飒爽跑完全程,一时传为佳话,他在留影上亲手写下了:“科学研究也需要奥运拼搏精神”。

正在积极筹备国际晶体生长会议之时,蒋先生一直健康的身体终于禁不起经年累月的过劳。2008 年深秋初冬,蒋先生在连续两天会议后又赶往杭州参加会议,从南京到德清途经常州市时,传来蒋先生突发急病的消息,同去的陶绪堂及时前去。此次病来突然,病去抽丝,待到次年“五一”才终于痊愈出院。

第 18 届国际晶体生长会议于 2010 年 8 月 8 日在北京如期举行,这次盛会参会人数逾千人,中外代表各半,会议的规模、交流的深度和广度、各项活动的安排备受赞扬。当时的国际晶体生长组织主席切尔诺夫教授评论说:这是一次空前的会议,是他经历过的历次国际会议中最好的,希望今后还有机会看到组织得这么好的会议。会议高度评价中国晶体界的成就,高度评价蒋先生、闵先生和陈先生等中国晶体科学家的成果以及为国际晶体界所作的贡献,然而,作为会议主席的蒋先生因为突然疾病没能参会,成为一大憾事。

尽管重病缠身,蒋先生仍乐观向上,甚至在手术后的日子里还向往着为中国晶体界贡献自己的才智和力量。我们也希望有蒋先生指路,有蒋先生循循善诱和谆谆教导,然而天不遂人意,病魔终究毫不留情地夺去了我们的热望。



图 13 病后康复的蒋民华先生和夫人汪复宁教授(2009 年)



图 14 蒋民华先生(2009 年,北京国际会议中心)

蒋先生离我们而去已经整整十年了!十年时间,在历史中不足长河之水一滴,但世事沧桑,过往难追,抚今思昔,蒋先生的身影还历历在目,他的教诲正音犹在耳。这十年中,特别是近两年,我们更是在认真地反思,如何能更好地继承和发扬蒋先生开创的事业?真正认识和实践这点也是不容易的事情。蒋先生一生光明磊落,博大精深,充满着人格魅力。这种人格魅力,包含了他一心向党、为国为民的政治向心力,登高望远、高屋建瓴的科学洞察力,团结拼搏、协作创新的人际凝聚力,奋勇向前、永不言败的科研战斗力,以及宽大包容、平易近人的领导亲和力。正是蒋先生的人格魅力及其卓越的领导能力,造就了山东大学晶体事业的辉煌,他为中国和国际晶体生长界贡献了毕生的精力和才智,是中国晶体科学研究长路上的一座高耸的丰碑!在新时代我们更要努力发扬蒋先生的精神,为中国晶体事业的振兴而努力!有朝一日,希望我们能欣慰地报告蒋先生,您用自己的心血开辟的科学道路的前沿,新曙光已经出现,中国功能晶体的成就将令世界亿万人羡慕,它将更庄严而绚烂地照亮全世界!我们希望以此告慰蒋先在天之灵。蒋先生,您安息吧!

致谢:本文初稿请汪复宁、葛传珍、俞琳华女士以及吴以成、祝世宁、欧阳世翥、黄朝恩和陈皓明等先生审阅,蒋宛莉协助写作并提供了蒋先生的照片,在此衷心感谢!