

冯端先生对南京大学物理学科发展和人才培养的巨大贡献

朱劲松 陈坤基 邢定钰[†]

(南京大学物理学院 南京 210093)

2023-03-16收到

[†] email: dyxing@nju.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20230503

2023年是冯端先生100周年诞辰，也是他就读和工作于南京大学(包括前中央大学)80周年纪念。近80年来，冯端先生一直在南京大学辛勤耕耘，将毕生的精力奉献给了南京大学物理学科的教学和科研事业。20世纪60年代，他领导南京大学物理学科的金属物理教研室，70年代改建为晶体物理教研室，80年代创建南京大学固体微结构物理国家重点实验室，90年代担任科技部攀登计划项目的首席科学家，中国物理学会理事长。冯端先生是南京大学物理学科的学术领导人，也是我国凝聚态物理学的一位杰出的学术带头人。

冯端先生1942—1946年就读于中央大学物理系，1946年毕业获学士学位。当年春夏之交，著名物理学家、时任中央大学物理系系主任赵忠尧先生选择了成绩优异的冯端留校任助教，从而开启了冯端先生自述的“在中央大学—南京大学物理系读书、教书和写书，从事科学研究，人才培养和教材建设”的漫长而精彩的人生道路。从实验课程教学开始到1949年走上讲台，冯端在物理系及其他系开设了从普通物理、光学、电磁学到理论力学、理论物理学等课程的讲授。1953年南京大学物理系由施士元教授与程开甲先生负责组建了该系的第一个专业——金属物理专业。冯端参加了金属物理教研室工作，曾担任“X射线晶体学”的教学工作。1958年因施、程两位先生新组建核物理专业，冯端开始任金属物理教研室主任。物理专业的金属物理专门化开设了金属物理(冯端、王业宁、丘第荣主讲)等课程。在科研上，金属物理教研室以“体心立方难熔金属缺陷研究”为主课题，从1959—1966年，冯端与闵乃本、李齐等进行了体心立方难熔金属(钼、钨、铌、钽)中的位错及缺陷研究，用浸湿法揭示其位错的类型和在材料中的组态，发表论文10篇，这是我国

高校中较早进行的系列科学研究。当时与地质系“华南花岗岩研究”等5项南京大学成果一起，入选1965年高教部直属高校科研成果展览会，并选为1966年夏在北京召开的“亚洲与太平洋地区物理研讨会”(北京科学讨论会—暑期物理讲习会)的国际会议口头报告。1966年“文革”开始后，高校一切活动都被停顿，直到1973年高校恢复招生，学校各项工作才逐渐恢复。此时，身为金属物理教研室主任的冯端先生积极思考如何改革和调整科研方向，以适应国家科学技术的需求和发展。冯先生倡导对金属物理教研室在原有基础上进行改建以扩大研究领域和方向，瞄准世界科学前沿，更好地贴近国家需要和社会需求。为此，他专门去上海、浙江、北京走访高校、研究所、政府机关，深入调研，拓展思路。他考虑到自1960年代美国Maiman研制出第一台红宝石激光器以来，国际上在激光技术的兴起及应用上得到非常迅速的发展，形成了具体实施方案：高瞻远瞩地提议将原来的研究对象由金属材料转向晶体材料，特别是与迅速发展的激光技术有关的激光



图1 冯端先生在实验室向来访者介绍如何利用光学显微镜进行位错等研究

基质晶体和非线性光学晶体。这样不但扩大了研究领域,而且更加符合国际研究潮流和国家所需。晶体学及其应用是非常活跃、处于迅速发展的学科,与光电子、微电子学、激光等学科关系密切。这一研究方向的调整既为南京大学物理学科的发展以及后来固体微结构物理国家重点实验室的创建奠定了坚实基础,也解决了较长期的科学研究与现实科技发展联系不紧密的短板。转为研究晶体材料后,不但瞄准了国际上正在发展的前沿学科,而且也能够调动整个教研室的力量,在新的研究方向上形成一个新的研究平台。

按照冯端先生的思路和布局,教研室由金属物理教研室更名为晶体物理教研室。对教研室的人员安排上也是经过深思熟虑后,将全室人员分成3个研究组(方向):以闵乃本教授为首的晶体生长研究组、冯端教授为首的晶体结构与缺陷研究组、王业宁教授为首的晶体物理性能研究组,从事与激光及其应用有关的晶体物理研究与教学。恢复重建实验室后,南京大学晶体物理学科的教学科研逐步走上正轨,以较好的状况重新开始了教学活动,1974年起恢复大学本科招生。在3届工农兵学生后,1978年迎来了恢复高考后的第一批新生,同时,教学与科研也基本恢复正常。在从事科研的同时,冯端要求每一课题组负责开设一门专业课程,于是有了“晶体生长”(闵乃本)、“晶体缺陷”(冯端、李齐)、“晶体物理性能”(王业宁、张杏奎)等专业课程,包括课堂讲授及教材。不但满足了新建晶体物理专业招收本科生的需求,而且也为研究生招生及后续出版晶体物理方向的教材打下了基础。在冯端领导下,3个课题组从无到有开始了新的研究:闵乃本领导的“生长组”长出了激光基质YAG晶体、具有层状片畴的非线性晶体 LiNbO_3 、 LiTaO_3 等;冯端领导的“结构与缺陷组”开展了晶体畴界、晶界、相界、生长条纹、生长区界面等研究;王业宁领导的“性能组”用研发的国内第一台声光调Q激光器研究了晶体中畴结构等。由于冯端先生的高瞻远瞩,精心组织和调配全组的力量,成功地将一个比较传统的专业(金属物理)改造并转变成一个顺应现代前沿科技发展、充满活力的教学与科研

集体。在科学研究、设备建设、教学诸多方面取得转变方向后的初步成果之后,冯端先生又在思考,如何尽快地在科研上赶超国际先进水平。这时,他注意到美国诺贝尔奖得主Bloembergen在1962年提出非线性光学“准相位匹配的理论”(QPM),但当时在该领域基本上没有非常有力的实验验证,只有少数的象征性的工作报告。冯端先生受到国外用自然生长的聚片孪晶ZnSe材料及日本用人工方法制备六片 LiNbO_3 晶片胶合倍频后其倍频输出增长的启发,一个通过用晶体生长技术来制备“聚片多畴铌酸锂晶体”以验证QPM理论的想法产生了。冯先生与研究组提出了在人工微结构晶体中验证这一理论的想法,并制定了具体实施方案。闵乃本、洪静芬等在晶体生长过程中通过掺杂和偏心旋转来加强旋转生长条纹,并施加不同方向电场技术在LN晶体中长出具有一定周期而极化方向相反的聚片多畴铌酸锂晶体——PPLN(现称为介电体超晶格)。虽然当时还不能长出大面积的贯穿整个晶体的层状片畴,但在晶体中已能找出具有一定层数、厚度近似等于相干长度、周期较为准确的片畴结构,并制备了可用于实验的晶片。随后王业宁、朱劲松等进行了聚片状多畴LN中倍频实验研究,得到二次谐波功率增强效应,从而全面地验证了诺贝尔奖获得者N.Bloembergen1962年提出的QPM理论设想。该成果发表在1980年的*Appl. Phys. Lett.*上,并与其他缺陷研究的结果一起获得了1982年国家自然科学奖二等奖(晶体缺陷研究—冯端、王业宁、闵乃本、李齐)。教研室其他各课题组围绕晶体材料的生长、缺陷、性能等方面均取得很大进展。除上述冯端等的国家自然科学奖二等奖外,王业宁等和胡安等也先后获得国家自然科学奖。在教材建设方面,冯端先生组织学科多位教授,在原有的《金属物理》专著的基础上,写出了四卷本的《金属物理学》、与金国钧合作完成了上下两卷《凝聚态物理学》,这些数百万字的巨著成为国内该领域极有影响的著作,并被众多高校选择作为研究生教材或重要参考书。

随着我国科技进步发展,国家对科研教学投入增加以及研究者自身水平的提高,冯端先生开

创并带领大家在晶体物理研究方向一路高歌猛进，取得了很大成绩。冯端先生等首先提出的利用不同晶体畴结构来实现倍频增强的目的，是一种创新研究，利用特殊设计的按照一定规律排列的晶体缺陷——聚片状电畴，达到提高材料性能的想法，不但在理论上验证了激光倍频的QPM理论，而且提供了一条提高材料性能的新途径，为后续的研究开辟了方向。

其后，闵乃本先生领导的研究团队将准晶结构引入介电体超晶格，对介电体超晶格材料体系开展系统研究。在准周期光学超晶格多种准相位匹配的理论建立和实验验证、二维光学超晶格与光子晶体、声学超晶格、离子型声子晶体、室温电场极化技术和畴工程学及其应用研究和器件研制等方面形成系统的研究成果，在国际、国内产生了重要影响。闵乃本、朱永元、祝世宁、陆亚林、陆延青等人在2006年获得了国家自然科学奖一等奖，开启了后来发展的“畴工程”新领域的先河。

1982年教育部批准南京大学成立以晶体组为核心的固体物理研究所，冯先生在组建时突破了晶体组的范围，从物理系的凝聚态物理和半导体物理专业选择了5个方向，开启了南京大学凝聚态物理学科的统筹发展。在冯端先生的不懈努力下，1984年科技部批准南京大学成立了固体微结构物理国家重点实验室，这是科技部第一批组建的10个国家重点实验室之一。该国家重点实验室的命名非常具有前瞻性，近40年过去了，至今固体微结构仍然是国际科学前沿的热门研究领域。固体微结构物理的研究覆盖了凝聚态物理、理论物理、光学、原子和分子物理、半导体物理等二级学科。固体微结构物理国家重点实验室的成立为南京大学物理学科发展的腾飞奠定了坚实的基础，冯端先生创建的固体微结构物理国家重点实验室和物理系老主任魏荣爵先生创建的近代声学国家重点实验室成为南京大学物理学科研究的两大支撑平台。因此，冯端先生不仅是南京大学晶体物理和凝聚态物理的学术带头人，也是南京大学整个物理学科的学术带头人。冯先生关心学科的整体发展，从战略方向上为实验室掌舵，每当国际上在该领域有新的研究方向出现时，他不但能够敏感地抓

住这些前沿的研究，而且还亲自组织实验室和物理系的同仁们开报告会相互交流并发动有兴趣的老师投入这些最新的前沿研究。在高温超导体、超晶格研究、团簇研究、纳米材料等研究中，冯端先生都发挥了重要的作用，使功能材料研究建立在调控人工微结构的基础之上。冯端先生还创建了“大师+团队”的人才培养模式，他是重视与培育人才的伯乐，胸襟开阔地团结大家不断开拓创新，从而奠定了南京大学物理学科数十年辉煌的基础，为南京大学物理学的发展和人才培养作出了卓越贡献。冯端先生等由于在高层次人才培养方面的成绩获得了1996年度国家教学成果一等奖。

冯端先生十分重视磁学和纳米科学的发展。早在1982年磁性超细微粒就被列入南京大学固体物理研究所的5大研究方向之一，后来又列入固体微结构物理国家重点实验室的主要研究方向。1985年，南京大学在《中美凝聚态物理合作计



图2 1982年，“晶体缺陷研究”获国家自然科学奖二等奖。获奖人从左至右：闵乃本，冯端，王业宁，李齐



图3 1982年10月，冯端先生与晶体物理教研室部分教师出席在合肥召开的“全国晶体缺陷”会议(从左至右：朱劲松，蒋树声，李齐，徐秀英，王业宁，冯端，彭菊琳，葛传珍)

划—The APS China Program》有2个名额，冯先生推荐了磁学专业的都有为教授赴美国进行合作研究，利用美国的科研条件培养我们的凝聚态物理人才。1992年，科技部启动了以严东生和冯端院士为首席科学家的纳米材料科学“八五”攀登项目，都有为教授领导的磁性纳米材料研究是该项目的主要研究内容之一。后来，都教授成为纳米材料科学“九五”攀登项目的两位首席科学家之一。该项目的启动和实施为南京大学纳米磁性研究与自旋电子学的发展开创了新局面。沿着这一研究方向，都有为教授带领研究团队在磁性纳米材料研究方面承担了多个国家级科研项目并产出丰硕的原创性成果，都教授成为国内磁电子学和自旋电子学的学术领军人物，并获得2004年度国家自然科学奖二等奖。1984年，冯端先生从广州开会回来，向当时还是物理系核物理组的王广厚介绍了国外有关激光蒸发原子形成原子团簇的动态，鼓励他在这一国际前沿研究方向有所建树，



图4 2000年4月，杨振宁先生访问南京大学固体微结构物理国家重点实验室时留影(从左至右：邢定钰，闵乃本，韩星臣，王业宁，胡安，杨振宁，冯端，张序余，蒋树声，龚昌德，张世远，陆振康)



图5 冯端先生和纳米半导体科研组一起分析实验结果和讨论研究方案(从左到右：黄信凡，陈坤基，冯端，徐骏，李伟)

从而开启了王广厚等在国内率先开展原子团簇物理的实验和理论研究。经过多年的努力，王广厚教授研究团队在原子团簇物理方面做出了系列原创性工作，成为国内原子团簇物理的学术领军人物，并获得2010年度国家自然科学奖二等奖。

冯端先生十分重视半导体学科的发展，他曾经多次在学术讨论会上指出，“如果凝聚态学科少了半导体，就好像一块晶体缺了一个角似的”。冯先生以他宽广深厚的学术思想，对物理系半导体专业的发展给予极大的支持，把半导体物理研究作为固体微结构物理国家重点实验室的研究方向之一。早在20世纪80年代末，物理系半导体专业还没有博士点。冯先生选聘了几位半导体专业的中青年教授作为他的副导师，先后培养了姜建功、瞿学选、徐骏和张荣等多位优秀博士研究生，为1993年教育部正式批准“半导体物理与半导体器件物理”博士点打下了基础。郑有焘和陈坤基教授成为该博士点的第一批博士生导师。在此期间，冯先生颇有兴趣地指导和直接参与了非晶和纳米半导体的研究工作，基于最小自由能限制晶化原理，与多层膜调制结构生长和激光晶化技术相结合，成功获得了三维有序可控硅基量子结构材料，并观察到基于量子尺寸效应的光电子特性。陈坤基教授等获得了2003年度国家自然科学奖二等奖，开辟了硅基光电子研究的新方向。其后，连续多年承担国家硅基光电子、纳电子“973”研究计划项目。为加强和促进南京大学半导体学科的学术交流，冯先生先后邀请了中国科学院半导体研究所黄昆院士、林兰英院士，上海技术物理研究所汤定元院士，香港科技大学张立纲院士等国内半导体领域老一辈著名的科学家来校讲演和交流学术思想，促进了半导体低维结构和半导体超晶格物理的研究工作。

南京大学凝聚态理论学科实力雄厚，20世纪80年代起，蔡建华、龚昌德、姚希贤、李正中等一批教授成果卓著，在国内外享有盛誉。冯端先生十分关心和支持凝聚态理论的学术梯队建设和年轻人才的成长，熊诗杰、董锦明、邢定钰等教授形成了第二代学术梯队，王炜、马余强、王强华、李建新、王伯根、盛利等教授形成了第三代学术梯队，……他们都不同程度地得到过冯端先

生的指点和提携。举几个例子。熊诗杰于1983年获得南京大学“文革”后的第一个博士学位，1987年就因优异的科研成果破格晋升为教授。冯端先生吸收邢定钰和董锦明教授参加“八五”和“九五”国家攀登计划项目，鼓励理论和实验的结合。2002年邢定钰、盛利教授等的项目“自旋输运和巨磁电阻理论”获得国家自然科学奖二等奖，主要成果都来自几位获奖者在“八五”和“九五”国家攀登计划的研究工作。1999年冯端院士(实验室第一任主任)和闵乃本院士(实验室第二任主任)商定，选拔理论物理出身的邢定钰教授担任固体微结构物理国家重点实验室的第三任主任。20世纪90年代，他们鼓励王炜教授和马余强教授分别开展生物物理和软凝聚态物理的研究。二十多年

过去了，王炜教授和马余强院士都成了各自领域的专家和国内学术领军人物。因而，南京大学凝聚态理论的发展和人才梯队的成长都是与冯端先生的关心和支持分不开的。同时，凝聚态理论已成为固体微结构物理国家重点实验室的一个重要研究方向。南京大学凝聚态理论的学术人才队伍薪火相传，长盛不衰。

冯端先生于2020年12月驾鹤西去，享年98岁。这是南大物理的巨大损失，也是中国物理学界的巨大损失……但先生卓越的学术成就、完成的千百万字巨著和大师风范却始终熠熠生辉于我们的心中，就像永存于太空的“冯端星”一样，指引和开拓着南大物理人的前行之路。

谨以此文缅怀著名物理学家——冯端先生。

冯端与凝聚态物理学*

金国钧[†]

(昆明学院物理科学与技术学院 昆明 650214)

(南京大学物理学院 固体微结构物理国家重点实验室 南京 210093)

(人工微结构科学与技术协同创新中心 南京 210093)

2023-03-01 收到

[†] email: gjin@nju.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20230504

从术业有专攻的角度看，冯端一辈子耕耘于凝聚态物理学的田野里，并取得了丰硕的成果。正如他的学生李齐、闵乃本撰文^[1, 2]描述的那样，冯端是在中华大地上土生土长，依靠自己的努力学习和不断进取，而成就的一位卓越的物理学家，这是非常难能可贵的。本文根据先前的文献资料，拟就冯端在凝聚态物理学领域的学术兴趣、战略眼光、课程创建、著作撰写，和研究方向指引等方面作一个概括性的探讨。限于作者个人的学识和经历，如有不当之处，还请专家学者批评指正。

1 早期科研工作和相关著作概述

冯端的科学生涯开始于20世纪50年代末60年代初对金属中晶体缺陷的研究^[3]。他以当时国

外尚涉足不多的难熔金属为突破口，借鉴国际上刚问世的电子轰击熔炼技术，设计并研制出我国第一台电子束浮区区熔仪，制备出钼、钨、铌单晶体，为我国科学事业作出了重要贡献。

没有电子显微镜等先进设备，冯端因陋就简，创造性地利用光学显微镜发展了浸蚀法的位错观察技术。他带领团队开展深入研究，阐明晶体缺陷在结构相变中的作用，开创了我国晶体缺陷物理新领域，跻身国际前沿，其研究成果在1966年召开的北京国际物理学讨论会上获得一致好评。

冯端认为科学研究不能固步自封，应开拓新的领域。于是，他在1973年提出将南京大学金属物理教研组更名和改建为晶体物理教研组，开展晶体生长、晶体结构与缺陷、晶体物理性能三方面的研究。从1976年开始，他和合作者又以复杂氧化物单晶体为研究对象，采用多种实验手段，

* 国家自然科学基金(批准号: 12074156)资助项目