

图7 观测 γ 射线的望远镜

提高,内容也逐步深入和扩大。第一次会议共有32篇报告,其中18篇属研究成果,评述文章14篇。第二次会议有近100篇报告,绝大部分是研究成果。虽然理论工作和模拟计算占半数,但工作面已涉及到超高能物理、宇宙线天体物理(包括高能天体物理理论)、空间物理和有关方面的实验技术及探测器的研制。总的说来,是在稳步的向前发展。

解放三十多年来,宇宙线工作者逐步地学习并运用毛主席的哲学思想来指导科研工作。高能所宇宙线室结合我国的实际情况和宇宙线物理学的特点,总结出:“在安排研究工作时,要力所能及,逐步发展”;在选题时要“立足常规,着眼新奇”。前者是说,根据研究室的人员业务水平、技术能力、人员多少、组织力量和经费要留有余地的安排工作,争取把研究工作在现有水平上逐步提高和经过一定时期的努力,在某些方面做出较高水平的研究成果。后者是说,一个常规课题,一般是在前人大量工作的基础上开始的,对预期的结果比较有把握。因此,工作经验不多的人员可以从中逐步学会研究工作的方法、掌握必需的专业和基础知识,还可以培养其独立工作能力,在遇到“新奇”现象时,不致漏掉。另一方面,在选择较新的现象作研究课题时,也要对可能产生这一现象的背景进行细致的分析和研究。“一个可能的重质量荷电粒子事例”的获得,就是在研究宇宙线粒子的质量分布的基础上得到的。宇宙线物理中的许多重要发现,常常是在进行其它课题时“偶然”发现的。所以,开始一个研究课题之前,对所选择的课题,首先要找出它的矛盾,分析这些矛盾。在工作过程中,要特别注意可能存在的,用已知的知识不能解释的现象和矛盾,这样就有可能路子越走越宽。

我国低温物理发展三十年

赵忠贤

(中国科学院物理研究所)

我国低温物理学科是在新中国诞生之后不久从无到有逐步发展起来的。由低温物理学科推动发展起来的超导电技术在我国已成为一门新技术。超导电技术的应用已列为国家重点发展项目。目前,我国从事上述工作及相应技术(低温技术,超导材料等)的科技人员上千人¹⁾,

其中不到十分之一的人员从事较为基础性的研究,但从事低温物理学科研究的人员则还不到百分之五。这些科技人员以及他们所在的单位分布在中国科学院、高等学校、工业部门及国防

1) 台湾省的情况在本文中均未计入。

科研部门。大约有六十几台氨液化器分布在各地实验室及研究单位，氨液化器除三台外都是国内制造生产的。

目前，有四所大学开设了低温物理专业，培养大学生和研究生。1979年创办了《低温物理》季刊。

看到这样的局面，回顾三十年来从艰苦创业到逐步发展的过程是有意义的。

五十年代，为开展低温物理实验研究，从国外回来的专家，非低温专业的大学生，技术人员与工人结合起来自己动手创建低温实验室，特别是为了获得液氮温度的实验条件研制氨液化器。1959年，我国首次用自制的氨预冷的氨液化器生产了液氮，为低温物理实验研究提供了初步的但是必要的条件，这是我国低温物理学及相应技术发展的开始。从这个意义上讲，我国低温物理学的发展应从1959年算起，至今是二十三年而不是三十年。

1964年，又研制成我国第一台氨活塞膨胀机，并以此为基础制造了氨液化器。这个研制过程与美国麻省理工学院同时期改型研制的同类结构的氨膨胀机是独立并行的。1965年以后，国内先后制成这种氨液化器约二十台，产量由每小时5升到35升。低温和氨液化技术的普及及推广，不仅促进了低温物理实验研究，更主要是为超导电技术的应用、空间低温技术、低温电子学与低温生物学的发展提供了条件和必要的技术储备。这方面的成绩先后受到中国科学院和全国科学大会的嘉奖。对发展我国低温技术的先导者以及他们的创业精神，从事低温物理以及超导电技术研究的科技工作者一直怀有深切的敬意。

五十年代末，六十年代初，我国的低温物理实验研究主要是在中国科学院物理研究所进行的，北京大学、南京大学、复旦大学的理论工作者也做了一定工作。当时主要有超导薄膜的物理与应用研究，这是当时发展的一个重点。目的在于探索超导计算机元件的可行性。1965年在 3×3 的交叉连续膜上观察到了存储与读写过程。当时又正值国际上第II类超导体研究的高

物理

潮，很多著名的学者都参与了这项研究。我国的低温物理学工作者也卷入了这个高潮。在实验条件比较差的情况下，做出了一些较好的工作。其中有的工作受到了国外同行的注意。关于脱溶物的钉扎作用的结论对后来我国NbTi实用超导材料的冷加工与时效处理的选择提供了物理上的引导，Nb₃Sn的研究也为后来扩散法生产Nb₃Sn带材做了技术储备。薄膜超导电性的研究为真空镀膜技术及超导SQUID器件的发展提供了一定的技术储备。在这段时间还有一些不错的理论工作与部分相应的实验工作，如磁场在超导薄膜中的穿透规律；从微观理论和宏观理论角度在薄膜超导体中推广了Ginzburg-Landau方程；用超导理论的Nambu表述形式处理了掺磁性杂质超导体的超导电性与热导；含顺磁杂质超导体的束缚态等等。其中有的理论预言为国外的实验所证明，有的工作至今还受到国外同行的注意。在此期间，也初步试探获得极低温条件，利用绝热去磁方法于1964年达到了0.01K。1966年以前我国的低温物理学研究是很有生气的。1962年中国科技大学创办了低温物理专业，在1966年以前培养了四届毕业生。在此期间，北京大学也试办了一期低温物理专业。

文革动乱使低温物理学的研究几乎全部停顿下来。由于周恩来总理亲自关心科学院，科技人员仍做了些工作。在当时的形势下主要是转向超导电技术与低温技术应用研究。也由于当时国际上超导电技术应用发展很快，国内超导电技术应用研究也逐步扩展起来。1966年以前有关第II类超导体研究的储备在超导技术应用研究的初期阶段发挥了作用。主要表现是推动和发展了实用超导材料NbTi及Nb₃Sn的研制与小批量生产。应用研究方面有超导磁体、超导电机、超导天线及超导重力仪等。这段时间虽然也做出了一些成绩，但由于政治上的干扰，也包括基础性工作的取消，技术储备不足，摊子铺得很大，水平提高很慢。在最近由国家科委、科学院等组织的攻关讨论会上，大家也认识到了有补课的必要，在超导电技术应用的

攻关中,一条腿走路,不重视相应的基础工作将会产生不良的后果。1972年,基础性工作曾引起人们的注意,但在1976年底之前,只有少数人做了准备和少量的工作。

由于国内超导电技术的发展,复课的一些高等学校相继建立了低温实验室,同时开始培养低温物理专业的学生。1975年,邓副主席主持工作以后,与低温物理有关的研究工作又出现了生机。在此期间及稍后的一段时间里,虽然有“四人帮”的干扰破坏,仍然做出了几项成绩。如相继制成几个十万高斯的超导磁体,制造了我国第一台稀释制冷机(达35mK),摸索出了有我国特色的生产 Nb_3Sn 带材的扩散工艺。在此期间,从事基础研究的理论工作者及实验物理工作者也活跃起来,寻找和商讨与较长远应用有关的基础性课题,粉碎“四人帮”之后不久召开了第一届全国高临界温度超导电性学术讨论会,同时在会议之后不久做出了较好的工作。与此同时,关于非平衡态超导电性的研究也在准备之中。

1976年10月以后,科学的春天来了,带来了我国低温物理学迅速发展的时期。短短六年时间,研究工作的数量与质量较之1966年以前都有很大提高。最近四年发表的论文是以百篇为单位计算的,而1966年之前一共只有几十篇。同时,基于这些研究成果,对于国内超导电技术应用中存在问题的认识深化了,并提出了解决的方向。在目前正在讨论的和已经开始的超导电技术应用攻关的项目中,对基础性的研究工作都提出了明确的要求,这也是今后低温物理研究的重要部分,如超导薄膜物理,超导材料微观结构与临界参数的关系,磁体物理,器件物理等。在短短的六年中,中国物理学会主办了四届高临界参数超导体学术讨论会,与制冷学会、金属学会联合举办了第三届全国低温超导会议。在此期间制冷学会的第一学组也组织了三次约氏器件会议和低温物性测量会议,参加了两届国际低温物理会议和一些与低温物理相关的其他国际会议。在这些会议上论文的数量与质量逐年提高,对国内各单位工作起了促进

作用。以最近召开的第四届全国高临界参数超导体学术讨论会为例,在七十几篇论文中有二十几篇达到了参加国际会议的水平。在国际会议上,中国学者提交的论文受到了国外同行的注意,有些论文受到好评。六年中,与国外学者交流极大增加,国际上一些知名学者相继访华,同时开始了国际间的合作。有些到国外实验室工作的访问学者也做出了较好的工作。

长期以来低温物理结合应用的考虑集中在超导方面,好处是力量比较集中,取得一些进展,为超导技术应用先走了一步;缺点是结合整个(凝聚态)固体物理太少,对提高固体物理基础水平没有发挥应有的作用。当然为促进超导技术应用还应在应用基础研究方面多做些努力。可喜的是近年来低温物理学的研究正在向其他方面扩展,如自旋玻璃、电荷密度波相变、超流氦问题等等。在测量技术方面,也由以电磁测量为主逐步建立了热测量(比热、热导等)、超声测量,并开始了低温高压下的研究工作。在稀释制冷机所能达到的几十mK的温区里也开始结合一定的物理问题进行简单的测量工作,并得到了一点初步结果。当然仍该指出,我国的低温物理实验技术水平还不够高,表现为一般技术还不够普及;没有真正精、难的实验工作。要逐渐做出独创性工作,除物理思想外还必须具有独特的实验技术。

我国科技人员自己编写的《超导电性》一书已出版,《低温物理实验原理与方法》一书即将出版,同时还翻译出版了一些有关书籍。

对于近年来所做的工作很难给出确切的评价,学术上的成果除有明显的经济效果者及解决重大问题,有重大发现之外,常常是需要时间考验的。下面列举一些近年来低温物理方面的工作,一些相应技术如超导电技术及材料就不在此列举了。在实验研究方面近年来较过去有较大进展,在非平衡态超导体(如远离平衡态的Pb膜)的性质、超高速淬火合金及原位法生成的非均匀超导体的超导电性、SQUID器件物理、高临界参数超导体的实验探索、自旋玻璃、电荷密度波相变、非晶态及过渡相超导电性、Si

反型层中的 Anderson 转变等方面,都做出了较好的实验工作.在理论研究方面有超导体临界温度理论; Josephson 效应方面的磁场对微波感应台阶的影响;电阻分路约氏结的解析解以及辐射的反馈而致的小周期和振荡问题;非均匀超导体 NSNS...系统的超导电性;非平衡态超导电性;调制合金 LUCS 的电磁与力学性质; A15 超导体的晶格动力学;实用超导体的标度律;稀土化合物的超导电性与能带计算;新的超导机制的探索以及一些经验规律;超流氦问题; Kondo 效应问题;小尺寸超导体的超导电性问题等等.在这些方面做出了工作.有些工作很快得到了国际上的反应.

最近,“超导体临界温度理论”工作获得了国家科委颁发的四等奖.在最近中国科学院成果展览会物理所的展台上展出了三项与低温物理有关的成果,它们是 Nb 膜微桥及超导磁强计研究;急冷 Al-Si-Ge 合金中的负磁阻效应;高 T_c A15 Nb₃Ge 成相规律研究.在高等学校科技成果展览会南京大学的展台上展出了约氏混频问题的研究成果,此项成果曾获全国科学大会奖励.这些项目作为近年来我国低温物理研究工作方面所取得进展的光荣代表,对本领域的科技工作者亦是一个鼓舞.

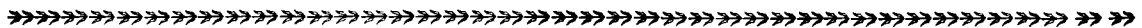
当前,尽管我们在低温物理的宽广范围中

的基础研究结果还是零散与点滴的.但是从事低温物理研究的科技人员正在把基础性工作所取得的技术储备向与国民经济有关的超导电子技术应用中渗透.目前急需解决的是组织管理,加强分工合作,以保证必要的基础性研究深入进行.重要的是培养出有解决应用中实际问题和咨询能力的低温物理工作者.在国际上,一些著名的实验室的科学家,他们从事基础研究,但不少人被聘为公司的顾问,为公司的发展解决关键技术方向问题,同时也从实际中寻找课题作为他们基础研究的重要部分.这方面的经验我们应当吸取.相信在今后的十年里,在全国的大好形势下,不论学科研究还是相应技术的应用,都会得到较大的发展,使低温物理学为我国的四个现代化和人类的文明做出重大贡献.

本文写作中参考了洪朝生教授^[1]在第八届国际低温工程会议和管惟炎教授^[2]在第十六届国际低温物理会议上的邀请报告,在此表示感谢.

参 考 文 献

- [1] C. S. Hung, Proc. ICEC-8, (1980); 制冷学报, 1-10 (1980)
- [2] Kuan Wei-Yen, Physica BC LT 16/60, (1982) 1-11.



(上接445页)

长度为 $0.24\mu\text{m}$ 的多层 GaAs $n^+-n^-n^+$ 二极管,分别在 8K, 77K 和 300K 对其 J/V 特性作了精细的实验测量,得到了与文献[2]所模拟的 J/V 特性非常一致的结果.

可以预料,日趋活跃的亚微米半导体结构中弹道电子的输运性质,与调制掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ 超晶格中准二维电子气的高电子迁移率效应的深入研究相结合,无疑会为未来的超高速和微波器件及其逻辑

集成电路的研制开辟道路.

(彭英才)

- [1] M. S. Shur et al., *IEEE Trans.*, ED-26(1979), 1677.
- [2] Y. Awano et al., *Electron. Lett.*, 18(1982), 133.
- [3] M. A. Hollis et al., *Electron. Lett.*, 18(1982), 570.