

著名物理学家李林

唐廷友

(中国科学院数学学部, 北京 100864)



中国科学院学部委员李林

1993年10月31日是著名物理学家、中国科学院学部委员李林先生七十华诞。我们谨向她致以衷心的祝贺和崇高的敬意。

李林1923年10月31日生于北京,原籍湖北省黄冈县,蒙族。她1944年毕业于广西大学机械工程系,1946年赴英国伯明翰大学研读物理冶金,导师为A. H. Cottrell教授。李林利用Cottrell教授提出的位错理论对铝的晶粒晶界蠕变问题作了深入研究并获创见性成果,完成《高纯铝的蠕变》研究论文而获伯明翰大学物理学硕士学位。1948年她又赴英国剑桥大学攻研物理冶金,学习透射电子显微镜的应用。她利用电子显微镜的实验观察结果,深入研究了低碳钢的时效硬化及应变硬化的机理并获重要成果,完成了《低碳钢的时效硬化》博士论文,于1951年获剑桥大学哲学博士学位;同时,在英国的《钢铁学报》上先后发表3篇学术论文,并于1950年在巴黎举行的第二届国际电子显微镜学会上宣读了有关学术论文,受到与会学者的称赞。

1951年李林学成回国,被聘入中国科学院上海冶金研究所进行科学研究并任副研究员,开始跟随当时在任所长周仁教授研究球墨铸铁。她研究了用热处理及加入合金等方法改善球墨铸铁的基体,从而得到韧性较好的球墨铸物理

铁的理论、技术与工艺。在这方面的研究中,她获得多项重要成果,明显提高了球墨铸铁基体的强度与韧性,并于1956年获得中国科学院自然科学奖三等奖。此期间,李林等又根据国家发展钢铁工业的需要,研究了包头铁矿的含氟炉渣对石墨耐火材料的腐蚀问题及解决这一问题的技术与方法,获得重要结果和明显的经济效益,因此于1981年获得国家自然科学奖三等奖。她和吴自良先生合作还研究了为代替Ni, Cr合金在低合金钢中加入微量B的强化机制问题。经过系统研究,获得多项重要结果,研制出了含微量B的低合金渗碳钢及高强度低合金结构钢。这两种钢的成分与制作工艺,均被选列为冶金工业部当时的部颁标准。根据实验研究的结果,他们在《金属学报》上发表了重要学术论文五篇,在中国科学院上海冶金研究所任职期间,李林在开展上述多项实验研究工作的同时,还安装调试了透射电子显微镜及电子衍射仪各一台,为开展我国此领域的科学实验研究工作打下了基础。1956年,她赴东京出席了第一届亚太地区电子显微镜学会,与国际同行进行了学术交流。

1958年,因工作需要,李林被调入北京,在核工业部原子能研究所进行科学研究并担任研究室副主任。在此期间,她参加了反应堆元件与材料的辐照性能研究,配合生产堆和核潜艇反应堆的设计与制造,对金属铀及二氧化铀的辐照性能进行了深入系统的实验研究,并将多种重要研究结果的信息反馈给生产燃料的厂家,明显改进了有关制造工艺。她研究了纯铝元件包壳及铝合金工艺管的辐照性能,并与生产厂家密切结合,生产出了合格的产品。同时,她研究了二氧化铀元件的包壳Zr-2合金的辐照性能,并与厂家相结合生产出了性能良好的Zr-2

合金管。李林还深入研究了反应堆压力壳钢及其焊缝的辐照性能,取得很好的结果,与厂家相结合生产出了能承受 140 个大气压的压力壳。这一系列的实验研究工作一直持续到“文化大革命”,其多项重要实验研究成果,明显推进了有关生产的发展,为国家国防建设的发展作出了可贵的贡献。她同时完成了多篇相应的内部实验研究报告,为促进有关实验研究工作的发展起到了重要作用。

1961 年,李林被提升为研究员,并担任研究室主任。她领导有关科技人员,设计建造了 X 射线、金相、拉伸、机械加工等四个正规的热室,为推进有关领域的实验研究工作发挥了重要作用。这些实验室,到现在仍为辐照性能等实验研究所应用。

根据工作需要,李林于 1973 年被调到中国科学院高能物理研究所进行科学研究,先后从事超导腔及超导磁体等方面的实验研究。相对于以前所从事的科学研究的领域而言,李林此次工作调动是 180 度的大改行。但是她以国家的需要为重,迎着困难上,经过五年坚韧不拔的工作实践和刻苦学习,对超导材料逐步有了深入的了解。后因加速器的方案作了调整,新方案中不需要超导磁体,因而李林又被调到中国科学院物理研究所,继续从事超导材料的实验研究工作。

1978 年,李林调到中国科学院物理研究所后,与赵忠贤等合作进行了寻找高 T_c 超导体的实验研究工作,研制了 $\text{Al}_5\text{Nb}_3\text{Ge}$ 超导薄膜。为了开展这项研究工作,他们首先设计制造了一台吸气溅射仪,并用这台自制设备在 1980 年首次在国内获得了临界温度 T_c 为 23K 的 Nb_3Ge 超导薄膜,比美国 Gavalier 晚七年。其后,他们又对 $\text{Al}_5\text{Nb}_3\text{Ge}$ 亚稳相的稳定机制进行了深入研究,并提出了与国外很不相同的成相机制: Nb_3Ge_3 第二相稳定 $\text{Al}_5\text{Nb}_3\text{Ge}$ 亚稳相的观点。这一全新的观点,获得了法国著名学者的支持,同时推动了我国超导材料的研究与生产。由于当时认为可能在非晶态和亚稳相合金中出现高 T_c 超导体,所以李林等还研究了 Mo-Si , Mo-

Ge 非晶薄膜及 NaCl 结构的 MoN 亚稳相薄膜等(实验研究结果表明,所有这些合金材料的 T_c 都低于 $\text{Al}_5\text{Nb}_3\text{Ge}$)。根据实验研究结果,他们先后在国内外一级杂志上发表七篇研究论文,并参加了两次国际会议,受到国内外同行专家们称赞。

1986 年高温氧化物超导体发现不久,李林即领导其科研集体进行了 Sr-La-Cu-O 薄膜的研制工作,用直流磁控溅射加后热处理法获得了 $T_c = 27\text{K}$ 的薄膜样品,在《中国物理快报》上发表了文章。这是国内外发表的最早的研究论文之一。1987 年初发现了液氮温区超导的 Y-Ba-Cu-O 以后,她领导其科研集体立即开展了 Y-Ba-Cu-O 薄膜的研制工作,所采用的方法为射频磁控溅射加后热处理法,所用的靶为粉末靶。经过多方努力,1987 年 6 月他们便得到 $T_c = 82\text{K}$ 的液氮温区超导的薄膜,1988 年底获得临界电流密度 $J_c = 1.34 \times 10^6 \text{A/cm}^2$, $T_c = 90\text{K}$ 的薄膜样品。这项重要结果,不仅第一个达到国家超导专家委员会预计的攻关指标,同时也达到了国际先进水平。1989 年初,李林领导的科研集体开始用原位直流磁控溅射法研制 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 薄膜。使用这种方法,不用加后热处理,可以制备为超导器件应用的高质量外延薄膜。通过一系列实验研究,1989 年底李林等获得了 $J_c = 3.4 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ 的外延单晶薄膜,是 c 轴取向的,重复性比较好。1990 年,他们开始制备了 YBCO/PBCO 多层膜及超晶格,最薄层是一个单胞, T_c 仍可达到 43K。这方面的研究工作,到 1992 年为止,共发表研究论文 30 余篇,并获得 1991 年中国科学院科技进步奖一等奖、1992 年国家科技进步奖二等奖。目前,他们正参加边缘结及大面积薄膜的研制工作。李林及其领导的科研集体,在超导薄膜方面的研究工作,多年来一直跟随和不断保持着国际先进水平,为国家和国际超导科学技术的发展作出了重要贡献。

在开展大量科学研究工作的同时,李林为培养科学人才付出了很大的劳动。“文化大革命”前,她培养了四名研究生;“文化大革命”后,

又培养了四名硕士生、五名博士生,现还有4名在读博士生。

李林先生于1980年11月当选为中国科学院学部委员,1958年参加中国共产党。参加工作以来,她历任中国科学院工学实验馆、上海冶金陶瓷研究所副研究员,中国科学院原子能研究所、高能物理研究所研究员及研究室主任,原第二机械工业部核动力研究所研究员,国家地震局业务组副组长,中国地质科学院地质力学研究所研究员,中国科学院物理研究所研究员及超导研究室主任,李林先生共发表研究论文

100多篇,并有《矿物学的透射电镜》等专著。她曾任中国金属学会常务理事、中国电子显微镜学会理事、薄膜与技术委员会顾问、中国核学会理事、中国核材料学会副理事长、第二届全国青联副主席,第二至四届全国妇联常委、执委,第一届上海市人大代表,第三、五、六、七、八届全国政协委员等职。数十年来,李林先生自强不息,勤奋工作,为我国金属物理、原子能技术、超导技术与理论等多个领域的科学研究,为国家多方面的组织与发展工作,作出了重要贡献。

碱金属掺杂 C₆₀ 超导外延薄膜的制备及其电输运性质

C₆₀是近年来发现的碳的第三种稳定的同素异形体,由于其种种独特的性质,如奇异的键合行为、中空的对称性,特别是碱金属掺杂后所显示出的超导电性,被美国权威的《科学》杂志评为1991年的年度分子^[1]。碱金属掺杂 C₆₀的超导相为 A₃C₆₀ (A=K, Rb, Cs 或它们的混合),具有面心立方结构,其超导临界转变温度 (T_c)最高可达33K。由于它是一种三维各向同性的第二类非理想超导体,作为一种新型功能材料,对它进行深入的分析研究将是十分有价值的。

我国的 C₆₀研究起步虽晚,但在很短的时间内就制备出了 C₆₀,并在掺杂 C₆₀超导体、C₆₀的非线性光学、C₆₀的结构相变等领域都取得了令人瞩目的成果,尤其是最近 C₆₀外延薄膜以及碱金属掺杂 C₆₀超导薄膜的制备成功^[2,3]标志着我国的 C₆₀研究已步入国际先进行列。

由于材料制备的难度较大(空气敏感性及薄膜的颗粒性),在研究初期大都局限于对 A₃C₆₀的磁测量方面,由于缺乏可靠的电输运数据,导致人们对 A₃C₆₀的一些基本物理参数的估计相差很大,比如超导带宽及费米面处能态密度等。美国贝尔实验室的科研人员最先尝试了 K₃C₆₀超导多晶薄膜的研制,但是由于薄膜的颗粒性质(晶粒大小只有6~7nm),其电阻-温度依赖关系仅在室温附近表现出金属性,样品的零电阻温度低于12K。与之相比,Rb₃C₆₀超导薄膜的制备就更加困难。日本科学家给出了第一个 Rb 掺杂 C₆₀超导薄膜的输运数据,但样品中超导相含量很低,其正常态电阻始终呈现负温度系数,零电阻温度只有2.5K,远远低于 Rb 掺杂 C₆₀粉末的磁测量值。

最近,K₃C₆₀毫米量级超导单晶的制备成功(美国),
物理

使人们对这类新材料的认识有了一个飞跃。研究发现,许多基本物理参数(如超导相干长度、电子平均自由程等)都与以往多晶粉末样品所给出的值不同^[4]。A₃C₆₀超导外延膜是在高度规则排列的 C₆₀薄膜的基础上掺杂而成的,在制备方面,比上述单晶块材要困难得多,只有超导相含量很高时,才能得到较理想的输运数据。高质量超导薄膜的研制不仅对理论研究意义重大,对将来在超导器件等方面的应用来说,也是一个不可缺少的基础。

C₆₀外延薄膜是在超高真空镀膜系统中制备而成的,厚约200nm。实验时将 C₆₀薄膜和碱金属放入简易掺杂装置之中,并与真空泵相连,利用油浴加热处于石英管底部的碱金属,使之升华掺入 C₆₀薄膜内部。同时用高阻表原位观测样品的电阻变化,一般在掺杂初期电阻下降较快,当接近电阻极小值时变化减慢。研究表明,样品在处于电阻极小值时对应 A₃C₆₀超导相。因此,在电阻下降至极小值附近,停止掺杂,并充入纯 He 气为测量做准备。测量时将石英管插入液氮杜瓦之中,用恒流源提供样品的通载电流,高精度数字式电压表监视样品两端电压,计算机自动采集数据。

用上述方法得到的 K₃C₆₀超导外延膜,其正常态电阻与温度的依赖关系具有金属特性,满足 $\rho = a + bT^2$ 关系,与 K₃C₆₀块状单晶的结果完全一致,薄膜零电阻温度为21K,超导转变宽度仅0.7K,在4.7K、零场下用直通电方法测得的超导临界电流密度 (J_c)高达 $5 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$,已与磁测量间接给出的 J_c 上限 ($1.2 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$) 十分接近,这说明该膜是一超导相含量很高的均匀体系^[2]。