

超导研究大事记

★沙恩

(续前)

1935~1936年前苏联哈尔科夫、舒布尼可夫、乔特凯维奇、谢别列夫和里雅宾宁对第二类超导体作了重要研究,所制合金样品很接近理想第二类超导体,观察到合金存在两个临界磁场,得出较为接近理想第二类超导性的磁化曲线。

30年代物理学家对合金超导体的奇异行为提出各种解释,其中门德尔森和穆尔提出的“海绵模型”较为典型。F.伦敦在提出唯象的电动力学理论之后,提出了超导的量子解释,认为超导电性是一种“宏观尺度上的量子结构”,要求“一种平均动量的凝聚式凝固”。

1941年德国物理学家 Von. G. 艾舍曼发现第一个具有较高转变温度的超导体 NbN,其转变温度约 15 开。

1950年 F. 伦敦预言:在超导体中应存在一种重要的宏观量子效应,即超导体中的磁通线应是量子化的。针对伦敦兄弟的超导电动力学唯象理论的预言穿透深度比实验值要小若干倍的缺陷,英国物理学家 A.B. 皮帕德在一系列实验的基础上,提出“非局域超导理论”,认为超导体中某一点的电流值,不仅取决于该点的磁场,

也取决于围绕此点的某一区域内的情况。他在新理论中,引入极为重要的相关性概念,表明电子的有序化是有一延伸尺度的。同年,德国物理学家 H. 弗勒利希提出电子与晶格的相互作用是导致超导电性产生的根本原因这一新理论,有力地支持和发展了超导电性微观理论。他还预言超导体具有同位素效应,很快在实验中得到证实。同年,苏联物理学家 L.D. 兰道和 W.L. 金兹堡提出一个比伦敦理论更精致、更实用的超导唯象理论,为以后第二类超导体理论的发展奠定了**基础**。

1952年苏联物理学家 N.N. 扎瓦里斯基用实验验证金兹堡-朗道理论,发现预言与实验不一致。苏联物理学家 A.A. 阿布里科索夫针对这一矛盾,提出“自

然界中还存在着一种具有负界面能的超导体”,他称为“第二类超导体”。这是人类首次提出这一概念。同时,他还得出“混合态”等结果。

1953年 美国物理学家 G.F. 哈迪和 J. 休耳姆发现 A_1 (或称 β 钨) 新型结构材料,其中 V_3Si 具有当时最高的转变温度: 17.1 开。

1954年 美国物理学家 B.T. 马赛厄斯和他的同事发现另一种 A_1 结构超导材料 Nb_3Sn , $T_c \approx 18$ 开,后来提高到 18.3 开。

1955年 美国物理学家 J. 巴丁, L.N. 库珀和 J. R. 施里弗开始攻克超导微观理论的难题。

1956年 L. N. 库珀提出“在超导体中电子结成了一种电子对”这一至关重要的物理概念。

1957年 苏联物理学家 A.A. 阿布里科索夫几年前对第二类超导体研究的新理论,被 L.D. 兰道压了好几年。在找到近 20 年前 L. W. 舒布尼可夫等人的实验结果后,才得以发表。人们称赞新理论是“低温物理学中最杰出的成就之一”,成为认识第二类超导体的理论基础。

同年, B.T. 马赛厄斯在大量实验经验的基础上,总结出一些探索新的超导体的经验规律,发现很多新的超导体。

同年 1 月底, J. R. 施里弗提出超导基态的波函数。巴丁、库珀与施里弗密切合作,提出了第一个成功的超导微观理论,从微观上揭开了超导的秘密,被誉为“自从量子论发展以来对理论物理学最重要的贡献之一”。人们从三位物理学家各自姓氏的第一个字母,称此理论为“BCS 理论”。他们三人于 1972 年共同荣获诺贝尔物理学奖。

1959~1960年 美国物理学家 L. 贾埃佛分别在超导体-绝缘层-正常金属和超导体-绝缘层-超导体结构体系中,观察到单电子的隧道效应,准确地测量了超导体的能隙。

1961年 人们第一次成功地制造出超导磁体。

1961~1962年 美国物理学家 P. W. 安德森到剑桥任客座教授。B.D. 约瑟夫森对他所说的“对称破缺”概念深感兴趣。在有人计算超导体-势垒-正常金属情况下隧道电流的基础上,计算势垒两边均是超导体的复杂情况。他在欧洲《物理通讯》上发表的一篇题为“超导隧道中可能的新效应”文献中,提出了约瑟夫森预言:在有限电压下,除将出现通常的直流超导电流,还存在有交流超导电流,频率为 $2eV/h$; 在零电压下,能出现一直流超导电流。人们很快从实验上证实约瑟夫森的预言,一个定名为超导电学的新学科也随之创立。根据这一原理而制成的超导量子干涉器件(SQUID)获得广泛应用。1962年安德森提出:当磁场高于下临界场时,第 II 类超导体有非零的电阻率,回路中的电流并不真正永久持续。同年,发现超导结

特性,使超导隧道效应获得广泛应用。

1963年 W.A. 利特尔提出有机物中存在超导电性的可能性,其机制是电子通过与声子相互作用而配对,估计可达到2200开的高 T_c 。苏联金兹堡、巴丁等人也提出其它几种激子超导电性模型。

1967年 W.L. 麦克米伦根据修正的强耦合BCS理论,进行简化后导出一个 T_c 公式,预言 T_c 的上限为40K左右。同年,马赛厄斯等发现 $Rb \times WO_3$ 超导电性($T_c \approx 6.55$ 开),N.J. 多伊尔和休耳姆也发现 $T: D$ 超导体($T_c \approx 2.3$ 开)。

1973年 美国物理学家 J.R. 加瓦勒应用溅射法制成 Nb_3Ge 薄膜,获得 T_c 为22.3开的结果。贝尔实验室 L. R. 泰斯塔迪等人将 Nb_3Ge 的 T_c 提高到23.2开。同年, D. J. 约翰斯通等人发现第一个具有较高临界温度的金属氧化物超导体 $Li_{1+x}Ti_{2-x}O_4$, T_c 为13.7开,同年,美国加州 Devel 公司(后来成为有名的 SHE 公司)推出首批商用低 T_c 超导量子干涉器(SQUID)。同年中国科学院物理所在第一次全国低温超导会议上提出倡议,探索高临界温度超导体理论问题。

1975年 P.B. 艾伦和 C.R. 戴恩斯,对1967年 W. L. 麦克米伦预言 T_c 为40开上限是不存在的。同年, A. W. 斯莱特等人在四元金属氧化物 $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$ 中发现13开的超导电性。

1976年 在合肥中国科技大学召开中国第一届高温超导电性学术会议,对推动中国超导研究和应用的发展起了积极作用。

1980年 人们发现第一个有机超导体(TMTSF) PF_6 ,但 T_c 仅为0.9开左右。

1985年 法国物理学家 C. 米歇耳较系统地研究了 $BaLa_2Cu_3D_{13}$ 的结构、电导率、磁化率和热电势等性质,发现它是一个很好的金属导体。同年,人们在有机化合物 β -(BEDT-TTE) $_2I_3$ 中发现了 T_c 为8开的超导电性。

1986年 4月,美国国际商用机器公司(IBM)设在瑞士苏黎世的实验室的 K. A. 米勒发现 $LaBaCuO$ 化合物转变温度为30K;9月,他和 J.G. 贝德诺尔茨在德国《物理学杂志》上发表题为《在 $Ba-La-Cu-O$ 系中可能存在高 T_c 超导电性》论文,发现 $BaLaCuO$ 化合物超导起始转变温度为35开。12月24日,日本东京大学在镧铜氧化物中获得转变温度为37.5K的超导体,并与米勒分别测量到近期纳效应;12月26日,中科院物理所赵忠贤等人获得起始转变温度为48.6K(镧铜氧)和46.3K(铜铜氧)的新纪录,并首次观测到在70K附近的超导转变迹象,掀起了世界范围内“超导热”浪潮。11~12月,日本东京大学田中等人重复他们实验,观察到排磁通特性,确证该系统中超导电性的存在。12月,美国朱经武等人报道了 $T_c =$

52开的结果。

1987年 2月12日,北京大学章立源提出高温超导电性起源于巡游电子与局域双极化子相互作用模型;2月15日,美国科学基金会发言人宣布:休斯敦大学朱经武、阿拉巴马大学吴茂昆获得起始转变温度为98K的超导体;2月24日,中科院物理所宣布赵忠贤等人获得100K以上的起始温度、93K出现强抗磁信号、零电阻温度为78.5K的 $Ba-Y-Cu-O$ 系统氧化物新型超导材料;3月3日至3月4日,北京大学与日本科技厅金属材料技术研究所几乎同时研制成 $YBaCuO$ 化合物具有零电阻温度高达92~93K的超导体;3月11日,中国科技大学获得可喜结果;3月12日台湾工业技术研究院工业材料所也获新成果;3月17日,中科院物理所研制出零电阻温度20K的钇系超导薄膜;3月28日,北京大学研制出零电阻温度在60K以上的钇系超导薄膜。

1988年 贝尔实验室 Gammel 等人,用 $Y-Ba-Cu-O$ 单晶样品,在4.2K磁场大到500GS时,观察到很好的 Abrikosov 格子。但在77K,无磁通格子存在的证据。

1990年 7月12日,中国科学院宣布:中科院上海冶金研究所制成 $YBaCuO$ 矩形样品的临界电流密度已突破 $4 \times 10^4 A/cm^2$ (77K, 2.5T)和 $2.7 \times 10^4 A/cm^2$ (77K, 5T)⁽⁴⁾。同年,日本东京大学研究小组给出世界上第一张以原子分辨率表现的高温超导材料 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_y$ 处于超导态下的扫描隧道显微术照片。9月,美国 MIT 报道用 MOD 制作高质量超导薄膜;日本日立研究所称已制成以钒代钡的高温超导材料,其起始超导转变温度约160K;日本 Sugai 等人深入研究 $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$ 及 $Ba_2K_{1-x}BiO_3$ 喇曼谱,用实验证实 Anderson 理论。同年,第19届国际低温物理大会在英国布莱顿召开,重费米子超导电性研究的论文占论文总数的7.4%。同年,芬兰赫尔辛基大学与美国 IBM 合作,制成24沟道神经磁场强度计以作脑磁照相术用,还可以研究在某种刺激下大脑皮层反应区的定域面积。其空间分辨率为1~2mm,时间分辨优于1msec。

1991年 发现掺杂 C_{60} 材料具有超导性。

1992年 安科公司研制出中国首台超导磁共振成像系统。5月25日,北京国际高温超导会议召开,证实我国研制出含钽、铌元素高温氧化物超导体、发现一类两层铜氧面和一个完全钙钛夹层新型结构特征;铌钽铜氧化物超导体转变温度达127.5K;熔融织构法生长的钇钽铜氧化物块状超导体在7万高斯磁场、77K温度下,其临界电流密度达每平方米10万安培,会议认为:国际高温超导正处在更加深入、系统的研究阶段,离大规模实际应用为期不远。(考阅文献,略)