

材料物理领域的辛勤探索者

——记材料科学专家叶恒强

梅俊发

(金属研究所 沈阳 110015)

作为我国最早开展固体原子象研究的开拓者之一叶恒强,在这一领域内辛勤工作了十余年,取得了一系列重要成果,发展了在原子尺度研究材料精细结构的技术与理论,在材料的电子显微学等领域产生了重要的影响。

叶恒强 1964 年毕业于北京钢铁学院,同年考取为著名金属物理学家郭可信先生的研究生。多年来,在材料科学电子显微镜、电子衍射分析、长周期结构、调制结构、拓扑密堆相新相、晶体和低维物质的高分辨原子象观察方面,开展了多项研究。

70 年代,叶恒强在电子显微镜研究材料科学方面作了大量工作。对高温合金叶片的故障分析中,发现了合金冲击韧性随硅含量出现马鞍形变化的规律,为冶金产品的质量改进做出了贡献。

70 年代末、80 年代初,叶恒强对电子衍射分析及层状晶体的结构分析进行了系统的探索。采用了初等数论中的不定方程、同余式、整数矩阵等,把平面点阵的几何分析从 70 年代文献中仍在讨论的尝试法改进为解析法直接求解,大大加快了计算速度。在电子衍射图相重规律方面,叶恒强则用重位点阵几何分析找出相重倒易平面的规律及判别式,使这一问题走上了解析判别的便捷途径。在此期间,他在国内首先使用高分辨点阵象在碳化硅、 Ni_3M 型合金等层状晶体中研究其精细结构,发现两种新的相畴结构,4 种新的密排层长周期结构;确定了碳化硅中 6 型多型体的结构。

80 年代,叶恒强从美国阿利桑那州立大学留学回国之后,对拓扑密堆相的结构与缺陷开展了系统的研究。拓扑密堆相是晶体学上的一种由四面体密堆积充满空间相的总称。由于它的特殊性能,特别是它对高温合金的抗热强度有重要的影响,所以一直受到人们的重视。拓扑密堆相的结构测定都是 30 年前由国外学者完成的。70 年代以来,国外一些研究组用高分辨电子显微术在四面体密堆相中观察到平面缺陷。由于他们采用的是成分单纯的合金,并经热处理至接近平衡状态,所以所看到的缺陷不多,也没有发现新的结构。叶恒强的研究组在以前对高温合金中的拓扑密堆相用中等分辨的电子显微镜进行过大量观察的基础上,用高分辨电子显微镜重新检验了许多高温合金长期时效析出的拓扑密堆相,发现这些众所周知的合金相本身也是不完整的,存在着若干在纯金属熔融配制试样中未曾观察到的新相。1983 年 6 月,叶恒强首先在高温合金析出的 Fe-Mo 型 σ 相中发现了 H 相。利用高分辨原子象、电子衍射及计算机象模拟技术确定了这种新相的点阵参数及原子位置。在其后的一年多时间里,他领导的研究组又陆续发现了 7 种新相,还发现了大量文献从未报道过的平移畴、旋转畴结构。他们的研究成

果不仅在理论上丰富了拓扑密堆积结构的原子模型构造规则,并对在亚微米尺度上说明析出相组织结构与材料性能的关系,提供了有重要价值的参考资料。此后,叶恒强进一步研究了铝基、钛基及金属间化合物中合金相的原子象,形成了合金超显微组织研究前沿的一个崭新领域。

国内著名学者钱临照、冯端、李林等在评审有关成果时指出:这一研究在相拓扑密堆结构理论中独树一帜,对合金结构理论有突出的贡献,对高温合金的相析出、相结构与合金性能等重要实际问题也有丰富的参考意义,已居国际同行研究的前列。国外学者对这项研究也给以高度评价。

准晶是准周期性晶体的简称。传统的固体理论和晶体学都认为晶体应具有周期性平移对称,受此约束,点阵的旋转对称只能有有限几种,五次对称和六次以上的旋转对称都被认为是不可能的。因此,近几年来在一些急冷凝固的合金中发现五次对称以及与此有关的准周期平移对称,不仅为物质的微观结构增添了新的内容,并且要对传统的固体和晶体学理论进行修改。准晶的发现已经在固体物理及与晶体学有关领域里产生了强烈的反响,成为 1985—1987 年间固体物理的最活跃领域。

叶恒强和他的同事 1984 年春在由二十面体柱并置而成的拓扑密堆相的复杂畴区中发现有五次对称衍射图。由于各畴区的二十面体取向长程有序,但平移周期性受限于几纳米,所以衍射图中反映了平移周期性非常有限、取向长程有序的二十面体集合体的五次对称特征。这一突破传统晶体学的对称现象的发现,揭示了介于有序和无序之间新的结构状态,直接导致其后一系列拓扑密堆相中准晶体的发现,并为建立拓扑密堆相与准晶体之间的结构关系奠定了基础。1985 年春,我国学者张泽、叶恒强、郭可信又独立地在 Ti-Ni-V 急冷合金中发现了具有二十面体对称的准晶体。其后叶恒强及其研究组又在 VN₄Si、FeNi₄ 等合金系发现五次准晶, Mn-Si 系发现八次对称准晶, CoNiSi 系发现立方对称准晶,并对五次、八次对称准晶与对应晶体相的关系进行了系统的研究,揭示了周期性与准周期性之间的联系与过渡规律。以上研究成果不仅对拓展准晶的研究领域做出了突出贡献,并使我国的准晶实验研究较长时间居于国际前列。这是我国在凝聚态物理及材料科学方面的一项重大研究成果。

低维物质是指大块体材料到单个原子、分子间的过渡状态。处于低维状态的物质会呈现许多特殊的性能,如量子尺寸效应,对电磁波的异常吸收与反射特性,异常高的表面化学活性等。目前,对低维物质的研究,对表面及微粒子体系的研究,都处于十分活跃的阶段。

80 年代后期,叶恒强致力于低维物质的微观结构分析。他和课题组在承担国家“863”计划的有关低维材料微观结构分析的课题中,发展了对 5—50nm 的实际工程材料超微粉中单个颗粒的晶格图象、微区衍射、表面及内部结构确定及元素化学价态分析的综合技术,使人们有能力对工程超细粉单个颗粒的图景作直观与全面的了解。在二维物质研究中,发现了稀土氧化物表面结构变化与表面附近位错的相互作用多种形态,并在 Pd、Ag 等金属表面首次观察到初生氧化物的动态生长行为。这些研究发展了观测分析新技术,所得到的结果不仅比较系统和深入,从中提出新的观点和判据,积极地配合了低维材料的研制,而且有若干新发现,对学科发展也有重要参考价值。

叶恒强一直辛勤地耕耘在材料物理领域,十几年间在国际学术刊物上发表了 61 篇学术论文,与他人合作出版了《电子衍射图》、《高分辨电子显微术在固体材料中的应用》、《分析电子显

微镜》等 3 本专著。他的研究成果得到了国内外同行的高度评价。由于接连在材料科学与物理学的交叉前沿中取得突破,叶恒强连续 3 届获得国家自然科学奖,还获得中国科学院科技进步一等奖。

叶恒强非常重视培养青年科学工作者,他协助郭可信先生指导的博士生张泽、硕士生王大能,1985 年获首届吴健雄物理奖。他指导的博士生宁小光在学期间即在国内外发表了 20 多篇学术论文,在低维物质的微观结构观察中有重要发现,1990 年获中国科学院院长奖学金特别奖。

叶恒强 1991 年当选为中国科学院院士,现在他还担任着中国科学院固体原子象开放实验室主任。已取得的成绩并未使他止步,而是成为他向科学高峰迈进的一个个台阶。

* * *

* 简讯 *

中国科学院国际科技合作协会正式成立

本刊讯 为适应扩大对外开放形势的需要,中国科学院国际科技合作协会在西安召开的中国科学院 1995 年外事工作会议上宣告正式成立。

协会的宗旨是促进我院国际科技合作与交流事业的发展,为我院科研与开发服务,为我国经济建设和社会发展服务。

协会的性质是在中国科学院领导下的跨分院、跨研究所的全院性的群众团体,作为团结全院外事工作的干部之家及总结交流经验的场所。

协会的任务包括:组织国际学术活动及交流,开展软科学研究,开展咨询服务,举办报告会、研讨会,编辑出版对外宣传材料等。

成立大会上宣布了首批理事名单,通过了《协会章程》和首批团体会员名单,选举国际合作局局长程尔晋为会长。

(益鸣)