

生机勃勃的凝聚态物理

黄 兴 章

(中国科学院物理研究所 北京 100080)

通常,物质具有固态、液态、气态和等离子态四种形态.而凝聚态是指固体、液体,以及介于固体和液体之间(如液晶、聚合物、分子膜、凝胶等)形态的总称.凝聚态物理则是研究凝聚态物质的结构和组成粒子(如原子、分子、离子、电子)之间相互作用与运动的规律并从而阐明其性能和用途的科学.它涉及金属、半导体、超导体、磁性物质、晶体、电介质等等,是物理学中门类繁多、内容丰富、发展迅速、应用广泛的一个分支学科,已成为当今物理学异常活跃的领域.

根据统计,在发表的物理学论文中约有三分之一属于凝聚态物理;而物理学工作者也有四分之一以上从事这方面的工作,特别是近20年来,在获得的诺贝尔物理奖中,有关凝聚态物理的人数和次数呈上升趋势.究其原因,是凝聚态物理的重要性所致.科学家们对此认为,一方面,它在科学技术的发展中,作为新材料、新器件和新工艺的源泉;另一方面,它在基础理论研究领域中又不断地涌现出崭新的甚至于意想不到的问题;还有,它的概念、方法与技术,还在继续向相邻的学科领域渗透,促进材料科学、环境科学、能源科学、生命科学等交叉学科的发展,并日益显示其强大的生命力.

局开发出这种具有强磁性的液体,它一靠近磁铁便会被吸附,它是显示磁性的超微粒子(强磁性体)借助于表面活性剂使之在溶剂中分散的东西.一般地这种磁性微粒子用于铁氧体中.在制造磁流体光栅中用的磁性流体是用直径70—150Å的磁铁矿($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)粒子在石蜡系油的溶剂中使之分散而成的.

如图4所示,表面活性剂具有水和油的媒介作用,其分子结构中有与水易溶合部分(亲水

凝聚态物理的研究以晶体管和激光器的发明为极好的范例.从历史上来看,凝聚态物理是人们熟知的固体物理的向外延拓.固体物理以周期性结构的晶体为理想的研究对象开始,其中关于组成固体的粒子间的结合力、激发态及其运动规律;微观结构、缺陷与结构变化机理;特殊条件(如高温、高压、低温、强磁场、强辐射)下固体的性质与变化规律等,成为固体物理研究的基础,并形成了基本的研究方向.由于近几年来固体物理的基本概念和实验技术也在一些非固体物质的研究领域中的应用并取得显著成效,所以科学家们采用了范围更加广泛的凝聚态物理这一名称.

可以看到,凝聚态物理是继承了固体物理学的传统内容,并进一步扩大研究对象,逐步形成了新的理论体系.80年代以来,凝聚态物理发展的特点之一是研究对象的多样化,例如表面、界面,以及薄膜、微粒等低维材料.并发展到一些特殊体系和材料,例如非晶、准晶、有机高分子、纳米尺寸(10^{-9} 米)材料、人工超晶格材料等.

凝聚态物理研究的重要科学前沿有:

表面物理 它的研究范围是固体表面几个原子层,也就是只有百万分之几毫米或更小厚

基)和与油易溶合部分(疏水基).这表面活性剂的亲水基较强烈地吸附于与水易溶合的磁性粒子表面(化学吸附),而疏水基成为溶入于其周围的油的状态.这样一来,表面活性剂就成了本来就有水、油性质的磁性粒子和油的媒介而阻碍磁性粒子沉降.实际上,把大约 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 密度的磁性粒子放入大约 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 密度的溶剂中,就可成为永久分散着的状态,其秘密的根源就在于此.

度的表面层。这一薄层的原子既受到体内束缚,又受到环境的影响。所以,这一薄层的结构、成分和性质与体内不同,而又是物体与外界发生作用的关键部分。表面物理的研究对冶金、石油化工、电子技术、计算技术等工业部门,以及新材料、新器件的研制都具有很大的影响。

低维物理和半导体超晶格物理 众所周知,空间是由三个维度构成的。低维体系的研究随着凝聚态物理研究对象的不断扩大而得到了发展,例如二维体系(有一个维度尺寸甚小)和一维体系(有两个维度的尺寸都很小)。如果以上材料剩下的维度也向小尺寸方向发展,就是团簇或微粒,它具有特殊的物理性能和富有潜在的技术应用可能性。科学家对直径为微米量级的圆柱薄膜和小线圈的电导研究,观察到一系列引人注目的新效应,可为微电子技术、集成光学、光计算、光存储等的进一步发展提供重要的理论和工艺基础。

超晶格又称人造晶格。比如不同材料长在同一块单晶上的大量重复相间的薄层,每层的厚度都很小;又如由材料相同但掺杂类型不同的大量重复相间的薄层所组成。这种在原子尺度上对半导体的组分、掺杂、层间结构的人工构造工程给人们最大的自由度来“设计”半导体,以获得新的物理现象和效应,促使固态电子器件、光电子器件进入一个全新的蓬勃发展阶段。

超导物理 高温氧化物超导体的发现,开拓了超导物理研究的新领域,经过 10 年的发展,超导转变温度已高达 134K,它在电子学、交通、电力和医学等方面具有诱人的应用前景,其中有的已是指日可待。

新型晶体和晶体学 晶体品种很多,功能各异,而新的晶体和晶体的新效应在不断出现,在微电子学、光电子学、通讯、自动控制和信息

处理等新技术领域有广泛应用。晶体学则以晶体为主要研究对象,研究其原子排列的对称规律、结构特征、结构变化、缺陷及它们与物理性质的关系。

同时,随着晶体学研究的深入,特别是研究固体-液体界面反应和转变,以及复杂液体的结构和性质的液态物理也应运而生,具有重大的应用前景。

磁性材料与物理 磁学和磁性材料的主要研究方向是,探索物质磁性起源及材料磁性的基本规律,开展软磁、永磁材料和信息磁记录材料的研究,并形成了若干新兴的交叉学科——磁与电子学、磁与高分子化学、磁与生命科学等。磁性材料在工业自动化、通讯、能源、计算技术等领域的应用占有重要位置。

凝聚态物质与激光作用 它主要研究极端条件下的凝聚态物质与激光的作用,对生物学、化学、通讯技术、激光技术等都有重要意义。

此外,扫描隧道显微镜的发现,使人类能够实时地观察单个原子在物质表面上的排列状态,也能操纵和控制表面上的单个原子,使之排列成预想的图形,并能在纳米尺寸内对大分子或生物分子进行剪裁。

还要指出,近 20 年来,凝聚态物理研究采用了多种大型、精密的现代化实验手段,如为凝聚态物理研究专用的同步辐射实验装置的数目日益增加,提供了从红外到硬 X 射线的强光源。中子、电子、光子等探测手段的使用,使人们对固体的结构、电子态、磁性、结构变化和激发等有进一步的了解。此外,各种核技术方法也已应用于凝聚态物理研究。可以说,新的实验设备名目繁多,层出不穷。

总之,由于与能源、材料和信息科学技术的密切联系,各国科学家们对凝聚态物理研究将会更加重视,物理学园地必将更加绚丽多彩!