

层,只要两块超导体之间是弱连接即可),这些隧道效应的发现为超导在电子学中的应用开辟了途径。例如应用约瑟夫森结可以制成灵敏度为微微瓦或更高的从射频到远红外的探测装置,预计将来在毫米和亚毫米波通讯方面可获得实际应用。它还可以用来制作能够测量微小电压(10^{-19} 伏)的电压计和测量磁场微小变化的磁强计(分辨率可达 10^{-11} 高斯以上),以及用来制作电压的基准。约瑟夫森结在电子计算机中的应用也在研究中,用它制成的开关元件具有很多优点,如速度可达到微微秒的量级,比半导体器件要快几十倍,并且能耗很低,非常有利于高密度的集成。目前约瑟夫森结在电子计算机中的应用已取得了相当进展,并制成了小型的样机。在制作超大规模集成电路方面,约瑟夫森结是大有希望的。

超导体具有一定的临界温度和临界磁场。当温度和外磁场超过这些临界值时,超导性就要被破坏。因此,提高这些临界值是超导应用的关键。1957年超导应用研究获得飞跃发展,其原因就是发现了铌三锡和铌-锆合金。用这些材料可以绕制外磁场达到200千高斯的超导线圈,这才开始有了实用的超导材料。同时临界温度也有了很大提高,已经从4K提到了23K。如果能将超导材料的临界温度再提高10K,

使它能在液氮温度下实际使用,那就能使应用的可能性大大增加;而若能提高到液氮温度(80K),那就必定会引起许多技术部门的巨大革新。

(3) 表面和界面物理

这是一门六十年代末期才迅速发展起来的分支学科,它研究的范围是晶体表面或晶粒界面附近几个原子厚的薄层。研究表面和界面对提高金属强度和防腐蚀,对提高催化效率,以及对大规模和超大规模集成电路器件和其他电子器件都有重要意义。如金属的变脆往往是由一些元素在晶粒边界的富集引起的,金属的氧化和腐蚀也与表面的结构有关。据估计,每年因氧化和腐蚀而损失的钢材约占年生产量的五分之一。在多相催化过程中,化学反应是在催化剂表面进行的,所经历的吸附、活化、反应和脱附等过程都与表面结构有密切关系。这就使得表面研究在能源工业(如煤的气化或液化、氢燃料的吸收和贮存、太阳光照分解水)、石油工业和化学工业方面都能发挥它的作用。表面和界面物理的研究对电子器件的发展具有重要意义,它促进了一些新型表面器件如电荷耦合器件(CCD),金属绝缘体氧化物半导体器件(MIOS)等的发展,并将继续为大规模和超大规模集成电路的发展作出贡献。(待续)

物理学——新技术的先导

管 惟 炎

(中国科学院物理研究所)

物理学是研究物质运动的最普遍的形态(力学的、热学的、电磁学的等等)以及它们之间相互转化的一门基础科学。物理学基础研究的目的在于认识物质运动的客观规律和揭示不同层次的物质的内部结构。但历史事实证明,作为基础科学的物理学其研究结果往往能够变成改造世界的强有力的工具,与技术科学(或称应用科学)相区别,它以其特有的方式推动着人类

社会生产的发展。因而,尽管很多物理学家个人只是为探求未知的好奇心所驱使,甚至排斥研究的社会目的性,但社会还是在一定范围内承认物理学家的这种自由研究的权利。

原子结构与原子能时代

物理学家,至少他们中间的一部分,似乎是

在与世隔绝的“象牙之塔”里进行研究，他们并不关心所研究内容的实际用途，而认为对科学的贡献本身就是目的。物理学研究竟会给社会带来什么样的后果，这往往不是物理学家事先所能预料到的。

我们现在以原子及原子核物理的创立和发展过程为例。原子并不象人们起初所设想的那样是一个实心的刚球。为了解释 α 粒子与原子碰撞时的散射现象，卢瑟福在1911年提出了一个新的原子结构模型。他发现原子有一个核，其全部正电荷和绝大部分质量都集中在核上，核的直径不超过1英寸的一亿分之一，而原子所占体积的绝大部分都是空的。 α 粒子正是与这种致密且重的核发生碰撞，才会发生强烈的偏转。1919年卢瑟福又用 α 粒子轰击氮，结果成功地把氮变成了氧或氢。这样，炼金术家多年来所追求的把一种物质变成另一种物质的梦想，变成了现实。1932年，在卢瑟福所领导的卡文迪许实验室，查德威克发现了中子。这一极小的粒子后来却成为释放沉睡在物质中的强大力量的最好工具。在1932—1938年间，原子核终于借助于中子被分裂了，但科学家在当时并没有正确理解自己成功的实验，甚至象费米这样的物理大师也成了核分裂现象上的“盲人”。人们认识原子分裂现象是那样的艰难。1938年，哈恩把观察到的用中子轰击铀得到钡的实验报告发表在《自然科学》杂志上以后甚至感到后悔。因为这一发现使当时大多数原子核物理学家十分困惑。哈恩把这些发现告诉了正在瑞典躲避纳粹分子的迈特纳女士，她和她的外甥弗里施共同正确地解释了铀核的爆裂现象。确认哈恩观察到的是铀核的破裂，铀在中子轰击后分裂成几乎相等的两部分，同时在反应中释放出大量能量。以后，费米在芝加哥建成了第一座原子反应堆。1945年7月16日清晨5点30分，在美国新墨西哥州南部阿拉莫多爆炸了第一个原子装置。接着，按照杜鲁门总统的命令，美国在广岛投下了第一颗原子弹，一刹那间毁灭了这座城市，并使10万人丧失了生命。就这样，人类以奇特的方式宣告自己进入了“原

子时代”。

以揭示原子结构为目的的原子物理学家，竟无意中提供了新的杀人武器。这当然不是他们的本意。当他们发现这一危险的进程而企图加以阻止时，一切努力都已是徒劳的了，因为他们无权支配自己所创造的成果。就连哈恩本人也没有预料到他的发现会有什么实际应用。当他作为德国战俘被囚禁在剑桥附近的监狱里的时候，才知道原子核的分裂已给人类带来何等可怕的后果。

今天，核电站已经成了一种广泛采用的新能源，也许核物理学家由此可以得到宽慰。直至1981年底，全世界已有26个国家和地区建立了核电站，除已建成的270多座外，还有100多座在筹建中。目前，核电站的发电量近1.6亿千瓦，占世界总发电量的8%，预计到2000年将达到30%。在当今传统能源日渐紧张的时代，核能的利用为人类带来了光明的希望。

电磁现象与电气时代

物理学对国民经济建设的影响往往是带有全局性的，它使生产面貌从根本上改观，使生产力的发展出现质的飞跃。二十世纪以来，人们宣称进入了“电气时代”，“原子能时代”等等，这正是以物理学研究成果为先导的新技术变为时代标志的最好例证。

电磁学的研究始于十九世纪初期。1820年7月21日在哥本哈根出版了奥斯忒用拉丁文写的一本小册子《关于电流对磁针的作用》，上面记述了一个非常简单的实验事实，当电流通过导线时会使附近的磁针偏转。虽然，现在任何一个中学生都能完成这个实验，但它却是物理学基础研究历史上的一个里程碑。因为奥斯忒的实验展示了一种当时人们尚未认识的相互作用形式——带电流的导线并不吸引或排斥磁针，而是使其与自身长度方向垂直。在实验桌上进行的这些有关电磁现象的基本研究，已埋下了未来技术应用的种子。可是这一点并没有被奥斯忒和他的同代人所觉察，当然更不是他

们所能预期的。

法拉第是十九世纪最伟大的实验物理学家。早在1821年他受奥斯忒发现的启示,就用电磁方法制成了有史以来第一台能使物体连续转动的“电动机”,1831年,法拉第在研究电磁感应现象的基础上找到了一种新的发电方法——实际上他建造了人类第一台发电机。但谁也没有料到,正是在这些表面上看来与生产完全脱节的物理学家的实验台上,孕育着一场新的工业革命。法拉第的数学知识并不高明。他创造了一套形象的讲法来解释自己的实验结果。在他看来,磁体向四面八方伸出无形的触手——磁力管,直到宇宙的尽头。正是这些触手使磁体对铁具有吸引力。

然而,以认识客观世界普遍规律为目的的物理学,不能满足于法拉第的这种非数学化的解释,它要求用一组完备的方程式来概括所有的实验事实。1873年,英国物理学家麦克斯韦,在他的《电学和磁学论》一书中总结了以往对电磁现象研究的成果,建立了关于电磁场的基本方程组,这是物理学最精美的通则之一。它最终显示出法拉第原来含有的数学思想的真正精髓——场的概念。成功的物理学理论不仅可以解释和概括已知的实验事实,而且往往给出新的预言。麦克斯韦方程组预言了电磁波的存在。根据这些方程可知,电磁波按光速传播,并具有光的基本物理性质。

1887年,德国物理学家赫兹用极简单的方式证实了电磁波的存在。他在暗室里,在几乎闭合的金属圆环的缝隙间观察到横穿的电火花。就这样,现代无线电技术(无线电报、无线电话、广播、电视、遥感、遥测、遥控、射电天文等)在物理学家的实验室里诞生了。但是赫兹进行这个划时代的实验时,却纯粹是为验证麦克斯韦方程的正确性,至于要发明无线电报这样实用的东西,以及他的发现的无可估量的经济价值和社会意义,并没有在这位年青物理学家的心目中占有任何位置。

今天,我们可以说,法拉第、麦克斯韦、赫兹在十九世纪对电磁现象的物理本质所作的研究

是二十世纪人类进入“电气时代”的基石。

凝聚态物理学与新兴技术

本世纪初量子力学的建立,是人类的认识从宏观世界深入到微观世界的一个重大突破。量子理论成功地解释了原子构造、元素的周期性、化学键等方面的重要课题。从三十年代开始,量子力学又被用来描述固体、液体内部微观粒子的运动规律,从而形成了一个物理学新的巨大分支——凝聚态物理学。它的研究领域十分宽广。

凝聚态物理学的诞生,使材料科学的发展有了理论依据。

无线电电子学、微电子学、自动控制、原子能技术、航空和航天技术都不断对固体材料和器件的质量提出新的要求。例如,在结构方面,要求提供耐高温、抗辐射、强度高、质地轻的合金或高分子材料。电子工业则要求利用固体内部电子运动的复杂规律,发展制备材料和器件的新工艺,创造出新元件,如半导体元件、集成电路、激光器、集成光路、磁性元件、铁电体元件、超导磁体及超导电子器件等。

在现代量子固体理论出现之前,人们对固体或液体性质的认识还纯属经验性和描述性的,只是用各自独立的常数,诸如弹性模量、比热、热导率、电导率、介电常数、磁导率等,来描述固体的行为,还没有从固体的微观结构来阐述这些常数的物理本质。量子统计力学建立了宏观性质和微观粒子运动之间的联系。如人们将量子理论的概念和规律应用到晶态固体的电子运动研究中,认识到晶体中电子的能量状态是由一系列容许带和禁带组成的,从而阐明了导体、半导体和绝缘体三种不同导电性质的本质,提出可以有两种运载电流的粒子——电子和空穴。这些理论研究直接导致了晶体管的发明,开辟了半导体科学技术领域,乃至演变出今天的集成电路、大规模及超大规模集成电路。在凝聚态物理学和材料表面科学研究成果的基础上,集成电路的集成度正在迅速提高,它将使计

算机技术得到进一步的发展。微型机的出现不仅影响着人们日常生活的各个方面，更重要的是使工业生产过程全盘自动化成为可能。

物理学家在揭示凝聚态物质内部运动规律的同时，却无意中开拓了一个新的技术领域。对晶体中离子能量状态的研究，使人们认识到红宝石晶体中铬离子有一组比较合适的能量状态，可以利用它上面的电子跃迁来放大光波，这样就导致了第一台红宝石激光器的诞生。激光技术是一项年青的新兴技术。它正在对整个科学技术领域产生重大影响。激光在不用催化剂的条件下，具有诱发和增强化学反应的效果。更重要的是，它有可能用来实现化学定向反应，促进化学科学和化学工业革命性的变革。生物体系受激光作用也可以产生不同激发态，进而发生各种变化。大量实验表明，激光在提早种子发芽、缩短作物成熟期、提高作物产量和品质等方面具有明显效果。激光诱发突变育种是激光在农业中更重要的应用，将用来实现所谓“定向突变”。激光分离同位素是一种具有高分离系数、高量子效率和低成本的分段手段。目前在实验室里，利用激光已做到把铀-235的浓度从原有0.7%的天然丰度提高到60%。据估计，到本世纪末，如用激光代替扩散法来分离铀-235，可节约分离费用1千亿美元。此外，还可以举出许多激光技术的重要应用领域，如激光受控核聚变、激光精密计量、集成光学、全息技术、模糊象处理与特征识别、激光光谱学、激光热武器与激光制导武器、激光加工以及激光医疗等等。

凝聚态物质在超高压、超低温、强磁场、强辐射、超高真空等极端条件下，能表现出一些异常的物理特性。例如，在超高压作用下，物质原子间的自由空间被压小，或电子壳层发生巨大变化，结果可使石墨变成金刚石，绝缘体变成导体。而液态氢则可望转变为超导电性的金属氢。高压合成新的超硬材料，特别是合成金刚石已具工业规模。在低温下，某些物质会出现超导电性和超流动性，特别是超导电性的应用已激起了人们的广泛兴趣。超导技术不仅可提

供高场强小口径的磁体，而且还可为高能物理实验和高能加速器提供大型磁体。利用超导材料建造发电机、电动机、变压器以及磁流体发电机和未来的受控核聚变装置等，都具有无可比拟的优越性。利用超导体的约瑟夫森效应做成的量子干涉器件，可以探测一千亿分之一高斯的超弱磁场，它把地磁测定、潜艇探测和低频通讯推向了新的水平。

长期以来，人们广泛研究和使用的金属、合金、半导体以及它们的化合物都是晶态材料。凝聚态物理的对象已逐渐由晶态材料扩展到非晶态材料。组成非晶态材料的原子在排列上是没有规则的。玻璃就是其中之一。今天，人们十分重视并大力开发和研究非晶态材料。非晶态材料包含了非晶的各种金属、合金、半导体及其化合物，它们往往比同类晶态材料具有更优异的性能：有的耐腐蚀性比最好的不锈钢强千倍；有的耐磨性比最优良的钢材料高几倍；有的磁损耗比最好的电工钢低5—10倍。非晶态物质的这些优点展现了广阔的应用前景。非晶态材料最成功的应用是利用光导纤维代替电缆。一根玻璃细丝可传输上万个话路，且玻璃原材料丰富，又不受电磁波的干扰，如果能得以推广将引起通信手段的重大变革。

近年来，物理学家们发明了多种制备非晶材料的新工艺，1975年，英国斯皮尔(Spear)等利用直流辉光夜电法生长了优质的非晶硅半导体薄膜，并进行了可控掺杂。七十年代初，美国加州理工学院的物理学家发明了从液相淬火的急冷技术，为工业规模生产金属玻璃提供了方便的途径。值得注意的是，英国的莫脱、美国的安得逊和范弗列克三位物理学家在非晶态物理方面取得了开拓性的重大理论成果，并由此而获得了1977年的诺贝尔物理学奖金。

从凝聚态物理学的发展可以看出，今天物理学的理论成果应用于技术和生产实践的周期越来越短；在许多方面，人们已有可能从实际需要出发提出研究的课题。因此，物理学家们应关心自己研究成果的应用，自觉做新技术的开拓者，在我国的四化建设中，更应如此。

“如果象您所断言的,技术在很大程度上依赖于科学状况,那么科学状况却在更大的程度上依赖于技术状况和需求。社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”我想引用恩格斯的这一著名论断

来结束本文,并向读者说明,本文并没有打算全面论述物理学与技术,或物理学与生产之间的相互关系。

(转载自1983年第6期《百科知识》)

现代的静电技术研究

李瑞年

(北京工业学院)

现代的静电技术包括静电的应用、防静电危害和静电技术参量的测量等三方面。

在某些操作细小介质材料的生产工艺中,人们有时不得不使用笨重的设备。但是如果设法使这些小介电体带电,它们的荷质比足可达到使其在人工生成的静电场内获得比自身重力大得多的静电力。那么用静电力来实现这些工艺岂不效益更佳。

静电除尘即是一例^[1]。它能有效地扑集对人体十分有害的,粒径在10微米以下的尘埃。而它消耗的通风压差只有10至20毫米水柱,仅为过滤式除尘器的十分之一。漂尘进入静电除尘器时,先受电晕作用而带电,然后进入集尘室。在静电场作用下,带电的尘埃投向接地的集尘电极。定时振打集尘极,使尘层剥落进入导槽,再清出器外。由于俘获了电荷的尘粒的迁移率远低于电晕发生的气体离子的迁移率,故烟气的表观电阻率较高,它使空间电压降加大,使电晕受抑制,甚致熄灭。另外,在尘埃电阻率高(10^{10} 欧姆·厘米以上)情况下,集尘板上尘层的电压降可达到发生局部击穿的程度,这时,击穿点发生反极性电晕,中和空间的电荷,使集尘作用消失。此外还有湍流、烟尘再飞散等问题。因此,在一个通风量达数千至数万平方米³/分、有效通风截面达数百平方米的装置内,为了使电荷流不断发生波动的各个空间区域都能长时间地在最佳参数下工作,必须通过各种直接的或模拟的试验方法,找出有效的技术措

施,才能实现。

目前我国先后投产使用的电除尘器已达数百台。我国已建立了专业电除尘研究所、研究室和设计中心。

各式各样的静电复印技术在于采用各种巧妙的方式由静电力操作荷电墨粉(或墨滴)实现文字或图象的转移或传递^[2]。它集中着物理学、材料科学、化学和计算技术等多方面的新成果。静电复印术分两类。一是用光电导材料制成底版,因其暗电导低,经电晕充电后不致很快放电。带电底版经照相曝光形成静电潜象,带异号电的墨粉掠过潜象时,即可显影。底版再与纸张压触,印在纸上,然后用烘烤或其它方法使纸上墨迹粘牢。另一类是用计算机存储的信息控制墨水喷射,把相描在纸上,或控制激光扫描在带电的光导底版上描出静电潜象。

静电复印采用的光电导材料有无定形硒、增敏氧化锌、硫化锌、硫化镉及各种有机光电导材料。调节掺杂和制造工艺要使底版达到上述复印工艺要求。显影可采用磁刷、墨粉瀑布或浸入含墨绝缘液体等技术。计算静电潜象在空气中或在绝缘液体中并有各种辅助显影电极条件下的电场及其对调色子(墨粉)的作用,可以建立静电显影的理论。干式显影的分辨力可达10线/毫米左右,湿式达250线/毫米。此外是各种定影术。就复印方式而言,有普通晒版式文件复印机,用三种基色作成采色复印,用亲水胶质光导底版代替锌版用于影印,工业和医疗