

# 物理学与显微镜技术

刘 军

(新疆塔里木农垦大学 阿拉尔 843300)

物理学经历了从经典物理学到现代物理学的发展历程。物理学一直在科学、技术及科学思维的发展中发挥着极其重要的作用,对人类的文明产生了巨大的影响。人类三次技术革命的事实说明,物理学理论的突破和革命直接导致新技术的诞生,反过来新技术又为物理学提供新的实验手段,促进物理学进一步向前发展。显微镜技术的发展便体现了物理学与技术发展的这种内在联系。

## 一、显微镜发展史

### 1. 第一代:光学显微镜。

从16世纪到17世纪初,随着人们对光学研究的进展,有关光的性质方面知识的丰富,及透镜制作技术的提高,人类发明了显微镜。最早的发明者是谁还没有完全确定。荷兰的列文

虎克是最早用自己制作的单透镜光学显微镜来观察记录细菌、单细胞生物、原生动物等极微小生物的人。

17世纪,英国著名的实验物理学家胡克对显微镜进行了改进,并最先利用显微镜来做精细的科学研究。他用显微镜观察了木栓的细胞,发现了细胞壁,他最先指出了软木的细胞构造。特别值得提出的是,“细胞”一词是胡克最先提出来的。

随着光学理论的完善及制造技术的提高,今天的光学显微镜技术发展到了十分完善的地步。但是,由于光学显微镜受可见光波长的限制,它不能分辨原子这一级结构。

### 2. 第二代:电子显微镜。

1897年,英国物理学家汤姆逊在研究阴极

定的阈值,表明当前的 CCD 图象与存贮的合成图象之间的匹配很好,因此,系统就产生一强的核实信号。

这技术的漂亮之处是不需要个人面部的完全资料,它仅依靠练习时的数据。实际上,系统可识别带眼镜的人和在各种照明下的人,甚至包括练习中没有的图象。不需要滤波器或全息图,用市面上的光电子器件就能容易地组装一个健全小巧的系统。如果做成仪器,这种方法将是神经网络硬件在商业系统中的首次普及应用。

不久的将来,似乎很可能在光学信息技术未普及及应用作商业器件之前,一些高层的用户如政府机构或工业部门会利用这些技术来保护有价值的数据库。尽管目前有几个公司正在制作

可以完成上述某些处理功能的样品器件,但是在工业上大规模制造小型的低成本光学系统之前,这个年轻的领域仍需要继续研究与发展。也许,有朝一日光学信息系统将普遍应用于数据库防护。

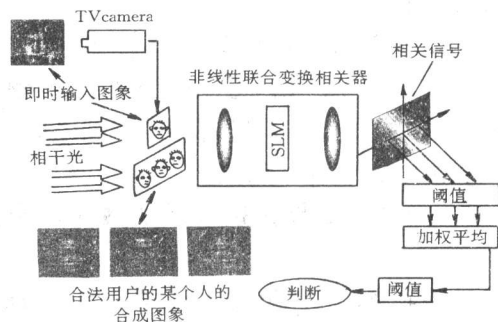


图4 光电子系统

射线时发现了电子。后来随着量子力学的诞生,法国物理学家德布罗意提出了物质波的假说,认为所有的实物粒子都具有波粒二象性。电子是实物粒子,它也具有波动性,这已于1927年被戴维逊和革末的实验所证实,且电子的波长与电子的动量之间满足关系式: $\lambda = h / P$ 。当电子动量足够大时,其波长可以同原子直径相当。根据这个原理,美国科学家鲁斯卡(Ruska)于1932年发明了透射电子显微镜(TEM);1935年,法国科学家卡诺尔提出了扫描电镜的设计思想和工作原理;1942年,英国剑桥大学的马伦(Mullan)在奥特雷(Oatley)指导下,首次制成世界上第一台扫描电子显微镜(SEM)。

随着现代科学技术的发展,SEM的制造技术和功能附件越来越全面,它在物理学、冶金学、材料科学、半导体技术、化工、医疗卫生、生物学等领域中的应用更加深入和广泛。SEM可以用来分辨原子这一级结构,它在观测晶体材料的整体性质方面极为成功,但由于高速电子会穿进物质深处,因此不能用来进行表面原子结构的分析。

### 3. 第三代:扫描隧道显微镜。

粒子可以穿透势垒的现象称为隧道效应。经典物理学认为,动能低于势垒的电子不能穿透势垒,而根据量子力学的理论,上述电子可以部分穿过势垒。1981年,美国科学家宾宁(G. Binning)和罗雷尔(H. Rohrer)根据量子力学的隧道效应,发明了扫描隧道显微镜(STM),它通过探测固体表面原子的电子波函数来分辨原子及其细节。

STM与前两代显微镜不同,它不需要任何光学透镜和电子透镜。STM是研究表面物理强有力的工具,它既可以作表面结构分析,又可以作表面电子态和化学分析。

## 二、物理学是显微镜技术发展的理论基础

光学显微镜利用透镜、组合透镜制作而成,它利用可见光作为照明及观察的光源,可见光

的波长范围是400nm~760nm。根据光学理论,光学仪器的分辨率 $\delta = N.A / 0.61\lambda$ , $N.A$ 是透镜的数值孔径,那么光学显微镜可分辨的最小细节为380nm~200nm,这也是光学显微镜的分辨极限。提高光学显微镜分辨率的途径有两条,一是在技术上改进,另外就是减少照明光源的波长。光学显微镜的分辨率存在一个极限范围,要超出这个极限,只有制造出构造完全不同的显微镜,这预示了新一代显微镜的出现。

电子显微镜的照明源是电子束,在5万伏加速电压下的波长约等于0.005nm,比可见光短十万倍,其分辨率一般为几十埃,最高可达几个埃,放大率可达几百万倍,这是光学显微镜所望尘莫及的。电子显微镜中的电磁透镜就是根据具有轴对称性的磁场对电子束的作用这个原理制作而成的。电子显微镜与光学显微镜一样,也存在象差、球差和色差现象,如何消除和校正它们,都用到大量的光学和电磁学的知识。

根据量子力学的隧道效应制成的STM可在真实空间中直接给出表面三维图象,其纵向分辨率已达0.005nm,横向分辨率已达0.2nm。被誉为21世纪核心技术的纳米科学技术就是以STM作为主要工具和技术基础的。为表彰STM与电子显微镜发明人所作出的重大贡献,宾宁、罗雷尔、鲁斯卡共同荣获了1986年的诺贝尔物理奖。

光学、电磁学、量子力学的发展是显微镜技术最重要的理论基础,先进的制造技术、计算机、电子技术是显微镜更新换代的技术保障。从显微镜发展史来看,物理学成果直接导致显微镜技术的发展和换代,显微镜技术又为物理学及交叉学科的发展提供了强有力的实验手段和工具。随着STM的诞生,以STM作为主要工具和技术基础的纳米科学技术即90年代兴起的纳米物理学、纳米电子学、纳米材料学、纳米生物学正在蓬勃发展,显示出前所未有的生命力。