

4. 光电子和光学镀膜

透明传导氧化物广泛用于光电子器件、金属带加热、太阳能电池阴极等，这些氧化物是用活性和非活性物理汽相沉积过程及喷射热解过程（化学汽相沉积过程）生成的。

光学薄膜是在蒸发或溅射沉积过程中生成的。这种薄膜是单层薄膜（如 MgF_2 减反射镀膜）或多层薄膜，即多达30到50个单层的金属和非金属的多层迭堆，各种类型的物理汽相沉积技术用于产生这种膜层，多层迭堆沉积复杂性使得最复杂的沉积设备应运而生。在这类设备中，每个沉积层的薄膜特性的测试、信息的贮存、向另一层工艺参数的反馈、蒸发（或溅射）源的控制等，全部由微处理机处理。例如：可有选择地对八个不同源及八种不同材料加以控制，可连续汽相沉积42层，形成26个不同类型。汤埃尼在最近一篇论文中讨论了各种沉积参数、控制环路、公差、生产中的严重问题，产量及自动化问题。

六、沉积过程的经济效益

如果不讨论沉积过程中的经济效益，无法完成本篇综述，本文从两个基本方面论述不断变化着的经济效益。

（1）“进行/不进行”观念，采用沉积技术能产生一种新型的器件（存在定理）。但是根据新型的或改进后的材料特性，这种仪器至今不能从经济上或其它方面获得，镀膜费用只占整个器件费用的一小部分，还算不上是经济推动力。例如：涡轮机叶片上镀上 MCrAlY 薄膜，每个零件价值50美元，高出未镀件2~5倍之多，镀膜费用不是非常重要的，因此，除此之外无法获得所需要的特性。

（2）费用—竞争概念：各种相竞争的镀膜技术的费用是该技术发展的动力。例如：可以用化学汽相沉积技术或物理汽相沉积技术将 TiN 涂敷在刀具上，因此，费用/运输/便利等因素应优先予以考虑。

（摘译自J. Vac. Sci. Technol. A2

（1984） 陈隆智校改）

中国大百科全书物理卷定稿条目：真空

达 道 安

真空（Vacuum）是指气体压力低于地面上人类环境气压的状态。

真空技术发展史 约在公元前6世纪，中国在冶铁技术中采用了风箱鼓风的方法，那时称风箱为“鞴”。战国时期的《老子道德经》一书中说“鞴”是“虚而不屈，动而愈出”。这是利用了真空吸气的原理。欧洲到16世纪才发明了这种设备。中国晋朝炼丹家和医生葛洪

(公元281~361年)在《肘后备急方》中介绍了中国古代劳动人民利用气体的热胀冷缩,创造了“拔火罐”的方法。这是把真空技术应用于医学的例子。

17世纪,意大利科学家伽利略(G.Galilo, 1564—1642)在研究从矿井里抽水的问题时发现,用泵吸水的高度不能超过10米。他认为吸水是由于大气压力的作用,说明空气有重量。他的合作者托里拆利(E.Torricelli, 1608—1647)用汞装满一端封闭的玻璃管,然后将封闭端朝上立在汞池中,这样就在玻璃管上部获得了真空。这是人类第一次得到的最好的真空。托里拆利测得玻璃管中汞柱高与玻璃管的粗细、长短均无关。1648年,帕斯卡(B. Pascal, 1623—1662)在不同高度的山上进行了测量,发现玻璃管中的汞柱有不同的高度,从而确立了气压与地面高度有关的思想。1654年,德国马德堡市市长盖利克(Otto Von Guericke, 1602—1686)把直径40厘米的两个中空铜制半球抽成真空,从两侧各用8匹马,向相反方向拉,竟没有拉开这个铜球。从此以后,真空的存在已不再被人怀疑了。

气体分子运动论为真空技术的发展奠定了理论基础。真空技术进入实用阶段的标志是,1858年卜吕克尔(J.Plucker)和盖斯勒(H.Geissler)发明真空放电管,而后福来明(J. A. Fleming)在1904年又造出了二级真空电子管,福斯特(L.Forest)在1907年造出了三级真空电子管等等。近代真空技术的发展已经和科学技术、工业生产、日常生活紧密地联系了起来。1957年,人类开始进入太空。太空是一个真空环境,为了熟悉它,人们在地面上建造了许多大型空间环境模拟室。空间科学技术的发展,把真空技术又推向一个新阶段。

真空度 气体稀薄的程度叫真空度。国际单位制中,真空度以压力单位帕(Pa)度量。由于历史原因,在真空技术领域常以托(Torr)作真度的单位。此外,历史上曾用的单位还有巴(bar)、大气压(atm)、千克力/厘米²(kgf/cm²)及磅力/英寸²(Psi),它们的换算关系由下表给出。

压 力 换 算 表

	大 气 压	千克力/厘米 ²	帕	毫 巴	托
1 磅力/英寸 ²	0.068046	0.070307	6.8947×10^3	68.947	
1 巴	0.98692	1.01972	10^5	1000	750.06
1 托	1.31579×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.3322×10^2	1.33322	—
1 大气压	—	1.03323	1.01325×10^5	1013.25	760
1 千克力/厘米 ²	0.96784	—	0.980665×10^5	980.665	

目前,实验上可以达到的真空度,从760托直到 10^{-14} 托。通常将真空范围划分为:

- 低 真 空 (rough vacuum) 760~1 托 ($10^5 \sim 10^2$ 帕)
- 中 真 空 (medium vacuum) 1~ 10^{-3} 托 ($10^2 \sim 10^{-1}$ 帕)
- 高 真 空 (high vacuum) $10^{-3} \sim 10^{-7}$ 托 ($10^{-1} \sim 10^{-5}$ 帕)
- 超高真空 (ultrahigh vacuum) $10^{-7} \sim 10^{-11}$ 托 ($10^{-5} \sim 10^{-9}$ 帕)

极高真空 (extremhigh vacuum) 10^{-11} 托以下 (10^{-9} 帕以下)

真空的获得 可用机械的方法获得真空。如活塞泵、旋片泵等,主要是通过活塞或旋片不断地运动来改变泵体的体积,从而把气体排放出去。稍高的真空度的获得,则要利用扩散现象。用高速运动的气流(包括分子泵中高速运动的圆盘或叶片),把扩散泵体并和气流分子碰撞的气体分子带走。如扩散泵、增压泵等。此外还有:(1)低温泵。利用低温表面冷凝或冻结气体,如液氮冷凝泵。为了增加吸气量,在低温表面上再附一层气体霜,这就构成了深冷霜吸气泵。(2)吸附泵。利用吸气材料,如活性碳、分子筛、锆-铝等吸气剂,冷冻或加热使之产生吸气作用。(3)离子泵。首先使气体电离,然后利用强电场(或再加上磁场)驱赶电离气体直接进入金属壁。(4)催化泵。通过化学反应,把较难抽除的气体变成容易抽除的气体。如,使氢气和氧气化合成水蒸汽而后抽除。

真空的测量 即对真空度的测量。测量真空度的压力传感器通常叫真空规。

测量较高压力的真空规有:测量压力差所产生力的液柱高度压力计;振动薄膜规;利用玻意耳定律的麦克劳规;测量不同压力下气体导热变化的热偶真空计等。

测量低压的真空规有电离规。先使规中的分子电离,测量电离了的分子数量,给出离子流强度,再换算成相应的分子密度或压力数值。这类真空规可测到 10^{-11} 帕以下,还有用分压强计测量总压强的,但也是用电离的方法测量离子的数量。

真空环境的特性 (1)压力小于地面上大气的压力。(2)气体分子密度小,因而导热性差,传播声音的性能差(或不传播声音);物质在其中易挥发、不氧化、生物不能维持生命、对运动物体的阻力小、电绝缘性可变等。(3)容易产生清洁的固体表面。因而使固体的表面特性(如润滑、摩擦、腐蚀等)和触媒的表面化学性质都完全不同于地面上大气环境中的特性。(4)电磁波的传播性能优于大气中。宇宙真空具有3K的背景辐射。

正是这些以及由此诱发的其它特性,使得真空技术获得了广泛的应用。

真空的工业应用 利用真空环境的低压性质,可以完成许多地面大气环境中无法完成的工艺过程。真空技术的应用主要有以下几个方面:(1)利用真空与地面大气压力差产生的力,可以进行流体的输送,制造离心式液体泵、离心式鼓风机。还可制造真空吸尘器,拔火罐及人工流产用的医疗器械等。(2)利用真空中气体分子密度小的特性,制造电真空器件,例如各种电光源、电子管等。由于真空环境中活性金属不易氧化,可在此环境中进行活性金属(钙、锂、铯等)的氧化物还原;进行某些金属的真空焊接、真空熔炼等。(3)利用真空的低气压,可以进行某些高沸点、高纯化学试剂的真空分馏。当压力降到 10^{-1} 帕时,分馏速率达到一稳定值。此后再降低压力,且分馏源和冷凝面的距离小于分子自由程时就发生分子分馏。可用以分馏许多高分子量的材料而不使其分解,这个方法已成功地应用到维生素浓缩生产中。(4)在 $1 \sim 10^{-1}$ 帕压力下,可对许多不耐高温的产品进行低温脱水、真空干燥。这一方法成功地用于食品工业、生物制品,如浓缩食品、奶粉、制造血浆等。(5)在 10^{-2} 帕压力下进行真空镀膜,可制造高质量的反射膜和透射膜以及许多特殊用途的薄膜,如磁性膜、半导体膜,塑料镀导电层以制造波导管等。

某些新兴工业中也广泛应用真空技术。如同位素分离,各种加速器中都要应用真空技术。大规模集成电路也需要在真空环境中加工。

真空技术还广泛地应用在科学研究中。如表面物理实验就是在超高真空中进行的;重离

子加速器要求清洁无油的真空排气系统,受控热核反应要求 10^{-10} 帕超高真空,高能粒子对撞机贮存环的交叉区要求 10^{-10} 帕极高真空。空间科学更离不开真空环境,人们几乎在地面上模拟了一切可能的空间环境,在其中进行火箭发动机的高空点火、真空推力测定、热设计需要的温控试验、材料的空间效应评价试验、摩擦、润滑与冷焊试验等。

表面科学的发展与应用

席光康 邵淑敏

(南开大学 电子科学系)

一、表面科学的研究对象与研究方法

表面是普遍存在的,固体与气体、固体与液体、固体与固体都存在着表面和界面。它们是一个特殊的相,与体内性质不同,并决定着表面附近发生的物理、化学过程,有时还深刻地影响着体内的各种特性⁽¹⁾。

表面科学就是研究固体最外表几个原子层或吸附原子、分子及薄膜的特性。这包括表面化学组份、原子排列、晶格振动、扩散与相变、电子和自旋在空间和能态中的分布状态及表面机构、化学特性以及固体表面与外来粒子相互作用及其动力学过程。

研究表面的方法是基于粒子束(电子、离子、光子、中性原子或分子)或电场、磁场与表面作用后产生与表面组份、原子排列、化学态、电子结构、表面吸附、表面反应等有关讯息,经过检测与处理,达到分析的目的。表面分析的示意图如图1⁽²⁾。

表面分析装置一般由下列几部分组成:

1. 激发源(探针): 这包括各种形成粒子束的装置,如电子枪、离子枪、分子枪等。各种不同波长的光源,各种形式的加热器、电、磁场等。

2. 分析室: 这是探针与表面作用,并对与表面作用产生的讯号进行分析的真空室。室内包括样品架、清洁表面的手段(如氦离子枪)、分析表面的手段(如电子能谱、质谱、光谱分析器)等。

3. 接收器: 将分析出的讯号按能谱、质谱、光谱、角度分布等引出室外。这包括电子倍增器、法拉第圆筒、胶片及荧光屏等。

4. 测试设备: 包括各种电源、弱讯号检测设备(锁相放大器、取样积分器)、示波器及记录仪等。

表面分析仪器各有特点,适用于不同的测量范围,其主要参数有:

1. 讯息类型: 能提供表面上那一类型讯息,如俄歇电子能谱能提供表面组份的讯息。

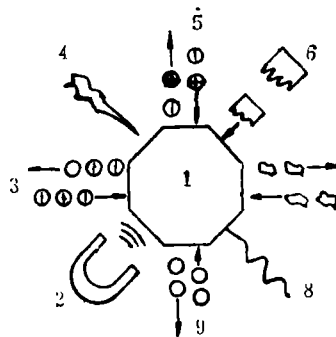


图1 表面分析示意图

1. 表面; 2. 磁场; 3. 电子; 4. 电场;
5. 离子; 6. 热; 7. 光子; 8. 声表面波;
9. 中性粒子