

磁流体光栅的原理

刘 藻

(承德石油高等专科学校 河北 067000)

光栅是一个重要的光学器件,它在科学技术中得到了广泛的应用.利用磁流体制造光栅是近代的新技术.它具有精确度高、开口形状可变、制造设备价格低廉、造出速度快等优点,本文介绍光栅及其制造的方法,突出介绍磁流体光栅的原理和制造方法.

一、光栅及其分类

一般地,把等间距、周期性间隙的格栅称为衍射光栅(简称光栅),用白光照射它,就会观察到彩虹状衍射现象.1788年,美国天文学家里登霍斯用丝制手绢看煤油灯时,最初发现了这一现象.后来,德国的富兰赫夫又独立地对这一现象进行了研究.至今,分光仪广泛地用于光谱分析中,其核心部分使用衍射光栅可代替三棱镜.近来,在工业机械和产业自动控制中,作为位移、速度传感器而使用的编码器内部,用衍射光栅起着标尺的刻度作用,它是自动化控制的一个关键部分.

衍射光栅有多种用途,按照其目的可作如下分类(见图1):利用透射光发生衍射的光栅(a)、(c)和利用反射光发生衍射的光栅(b)、(d).也可以把透射率或反射率周期性变化的光栅称为振幅变调型,(a)、(b),把周相差周期性变化的光栅称为起伏型,(c)、(d).

二、衍射光栅的制作

一般说来,制造衍射光栅是不容易的事情.以前是用具有精密传送机构的刻线机,在金属板上每一毫米等间距地刻500—1000个刻

痕,而得到同样多的狭缝来制造衍射光栅的.

近来,为了得到更精密的栅线间距,一种方法是,首先在金属膜或玻璃基板上均匀涂上薄的保护膜,使之厚度均一,然后,用照相制板技术在其上面把缩小了的衍射光栅的覆盖图案进行缩小曝光.另一种方法是直接用电子束在保护膜上描绘衍射光栅的图案.这样一来保护膜上就因为曝光或电子束的作用而发生变质,从而由于蚀刻的作用,使保护膜的残留附着量发生差异,最终制出衍射光栅.也有在基板上进行蚀刻,涂膜仅为保护膜的法.以上两种方法称为光平版印刷术或电子束平版印刷术,这

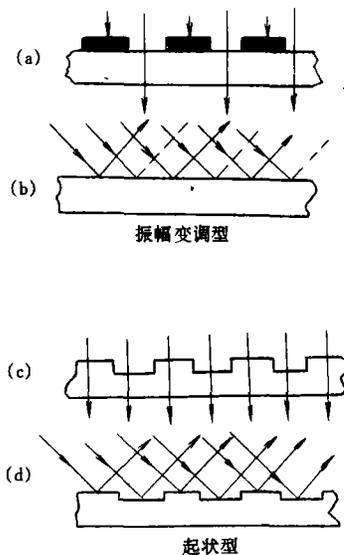


图1 各种衍射光栅

的激动.

那么,当我年轻时所迷恋的那个旧理论又怎么样了呢?哦,我要说,她已成为老妇人了,在她身上不再有当年的魅力了,今天的年轻人见到她时,不再会心跳了.但是,我们对于任何

一个老妇人所能说的最好赞词是,她一直是位很称职的母亲,并养育了一群优秀的儿女.我感谢瑞典科学院给我机会以赞美这些好母亲之中的一位,谢谢你们.

(译自《Physics Today》1966年第8期,作者:费曼)

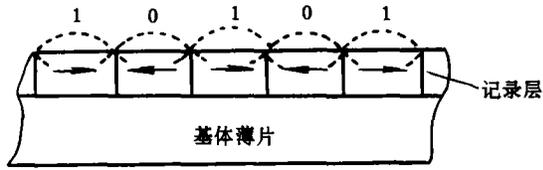


图2 从记录媒体的漏泄磁场

在制造半导体元件中也是一种重要的技术。此外，还有利用相干性良好的激光，使其干涉条纹在涂膜上曝光而形成衍射光栅的图案的方法等。可是上述诸方法的使用设备都是昂贵的，并且需要繁杂的手续和长的时间，难于在学生实验中进行。近年来，用磁性流体制造衍射光栅的方法出现了，它具有独特的优点。

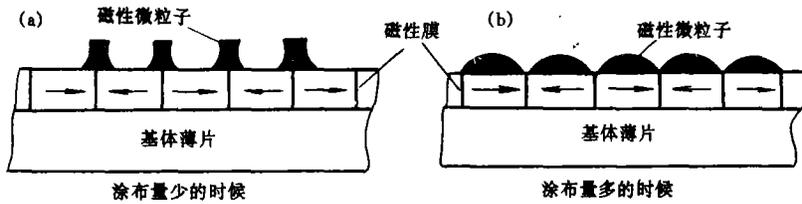


图3 由磁性平版印刷术制造的衍射光栅

三、磁流体光栅的制作原理

用磁性流体制作衍射光栅的方法通称为磁性平版印刷术。它是一种与前述制造光栅方法完全不同的一种新方法。

首先，准备好记录磁而用的磁性膜，然后把这个记录膜安放在有磁头和运转装置的记入装置中，再把由 1, 0, 1, 0 …… 构成的数字交流信号加于磁头，这样就在记录膜上记录上如图 2 那样的磁化模型。于是，在图 2 中虚线表示那样的漏泄磁通就产生了。这时如果在膜面上少量地涂上磁性流体薄层，则磁流体就向磁感强度大的地方堆积，如图 3(a) 所示。如果在膜面上多量地涂上磁性流体较厚层，则磁流

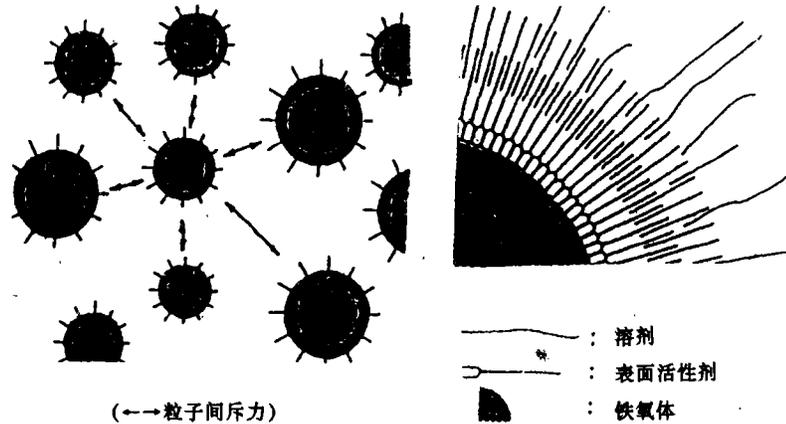
体便沿着漏泄磁力线的形状堆积，如图 3(b) 所示。再经短时间干燥、固化，其表面上就根据记录的磁化模型形成周期性的凸凹，就可作为衍射光栅使用了。磁流体对光的反射率较低，这是一个不足之处。如果给其蒸发镀上金的薄膜，则可提高其对光的反射率。

在这磁流体光栅的制法中，光栅常数决定于记录膜往记入装置中的送进速度及记录信号的频率，并且记录装置可以用其他市场售卖的磁记录装置改制，从而价廉可行，不但能作到精确相等的栅线间距，而且可使间距和开口形状变化，从而能根据需要制出其他方法难于实现的具有有趣性能的各种衍射光栅。如果想得到分光光谱，可使栅线间距小于光的波长；如果是

其他用途(编码器等)，栅线间距也经常大于光的波长。如果仅为进行试制磁流体光栅的实验，则栅线间距可大于几倍光的波长。

四、关于磁性流体

磁性流体(简称磁流体)是从 1931 年开始研究的。1965 年，为了获得宇宙服和宇宙飞船的可动部分的真空，美国国家航空和航天管理



(←→ 粒子间斥力)
表示磁性粒子的分散稳定性和防止沉降的机理模式图

由于表面活性剂的磁性粒子和溶剂的媒介效果

图4 磁性流体的机理

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.