

学科知识(他在钢铁加工、发电设备、材料学等领域都堪称专家)。目前,他还在进行毫微米科学技术的研究,从微观机制上考察合金中缺陷形成的原因。IDM 公司联合德克萨斯州的好几家企业资助北德克萨斯大学的静电加速器实验室,每年 50 万美元,用加速器质谱、核微探针等一系列先进手段,研究各种特殊条件下金属结构的微观行为。摩根教授领导的一个研究组的毫微米材料科学研究的一项申请,被美国科学基金会评为“优”,获得每年 50 万美元共五年的基金,该大学物理系气象由此一新。

为了我国的科学技术的发展,为了我国经

济的腾飞,我们正需要有更多的“摩根教授”,愿今天和未来的物理学家们努力,再努力!

- [1] H. P. Engel, ASTM Standardization News, March (1989), 34.
- [2] Scientific Measurement Systems Inc. Product Literature (1988).
- [3] Scientific Measurement Systems Inc. Product Literature (1990).
- [4] H. Ellinger et al., ASNT Reports, (1988).
- [5] I. L. Morgan, U S. Patent 06732301, (1988).
- [6] International Digital Modeling Corp. Product Literature (1988).
- [7] International Digital Modeling Corp. Product Literature 1990.
- [8] 杨福家,论美国现象,科学报1988年12月16日.

磁场处理燃料油的电镜分析

陈国宪 尹志营

(天津大学物理系,天津 300072)

目前,电磁技术在工业、农业、国防、现代科学技术等各个领域已有了广泛的应用。在石油和石化工业部门对电磁技术的应用也很重视,并取得了可喜的成果。但是,各地区、各部门在电磁技术的应用方面发展并不平衡,有的应用效果好,有的应用效果不太好。这主要是不知道应用效果好坏的原因所在,也就是说,在应用中还存在一定的盲目性。为提高在应用中的自觉性,从理论上搞清其机理是必要的。不少人曾对磁场处理的燃料油进行了大量光谱分析研究,很多实验结果是吸收峰没有发生位移,这说明油分子结构未因磁场作用而产生变化。

作者对磁场处理前后的燃料油,用透射电子显微镜分别进行了形貌和结构分析。通过形貌分析发现,无论是柴油还是重油,在未经磁场处理的情况下,其沉积物的形貌结构显得致密,而经过磁场处理的油样(柴油和重油),其沉积物的形貌结构显得疏松。通过结构分析发现,无论柴油还是重油,在未经磁场处理的情况下,其沉积物的结构为点阵的单晶结构,而经过磁场处

理的油样(柴油和重油),其沉积物的结构照片为环状的多晶和月晕状的非晶结构。这说明油经磁场处理后产生了物理变化。

一、实验及结果

1. 样品制备

用 TU-6 型燃油磁化器(磁场约为 120—140 mT)对柴油连续处理六次。然后,将柴油滴在样品网上,待其自然挥发凝固后,即可进行电镜分析。对于重油,因其粘度太大,改用电磁铁磁场(场强为 820 mT)处理。然后,将重油用汽油稀释,将重油溶液滴在样品网上,待溶液中的汽油自然挥发后,其凝固在样品网上的沉积物即为重油,方可进行电镜分析。

2. 形貌分析

(1) 柴油的透射电镜形貌分析

未经磁场处理的柴油,用 100 kV 的透射电子显微镜获得放大 10 万倍的形貌相如图 1(a)所示。经磁场连续处理六次的柴油,同样用 100

kV 的透射电镜, 获得放大 10 万倍的形貌相如图 1(b)所示。比较图 1(a) 和图 1(b), 可以明显看出, 未经磁场处理的柴油样品的沉积物结构致密, 而经过磁场处理的柴油样品的沉积物, 其结构显得疏松。

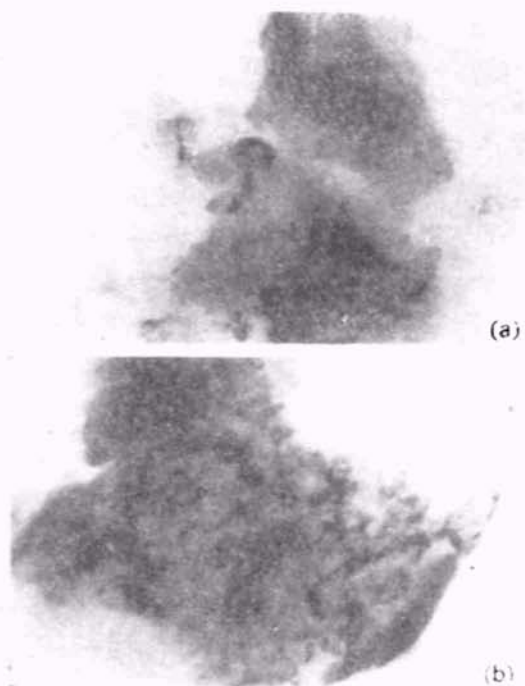


图 1 柴油样品的形貌相

(2) 重油的透射电镜形貌分析

未经磁场处理的重油, 用 100 kV 的透射电子显微镜获得放大三万倍的形貌相如图 2(a) 所示。经过磁场处理的重油样品, 同样用 100 kV 的透射电子显微镜, 获得放大 10 万倍的形貌相如图 2(b) 所示。比较图 2(a) 和图 2(b), 明显可见, 未经磁场处理的重油样品的沉积物的结构致密, 而经过磁场处理的重油样品的沉积物的结构显得疏松。

3. 结构分析^[1,2]

(1) 柴油样品的透射电子显微镜结构分析

未经磁场处理的柴油样品, 用 100 kV 的透射电子显微镜, 获得放大 10 万倍的结构照片如图 3(a) 所示, 其油样沉积物结构为规则点阵的单晶结构。经过磁场处理的柴油样品, 同样用 100 kV 的透射电子显微镜, 获得放大 10 万

物理

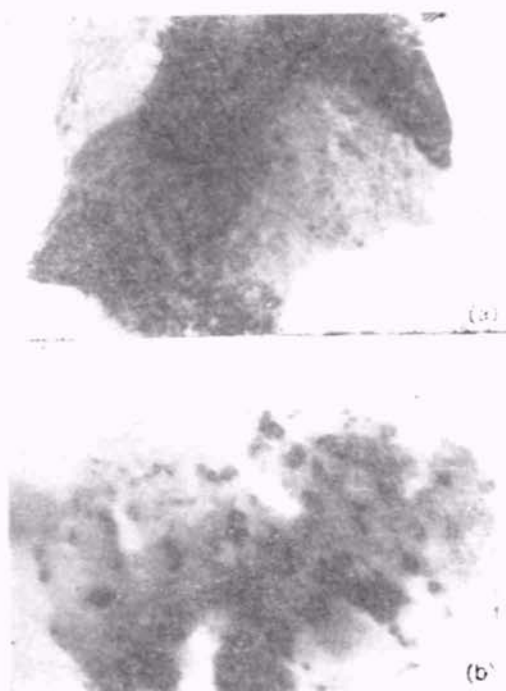


图 2 重油样品的形貌相

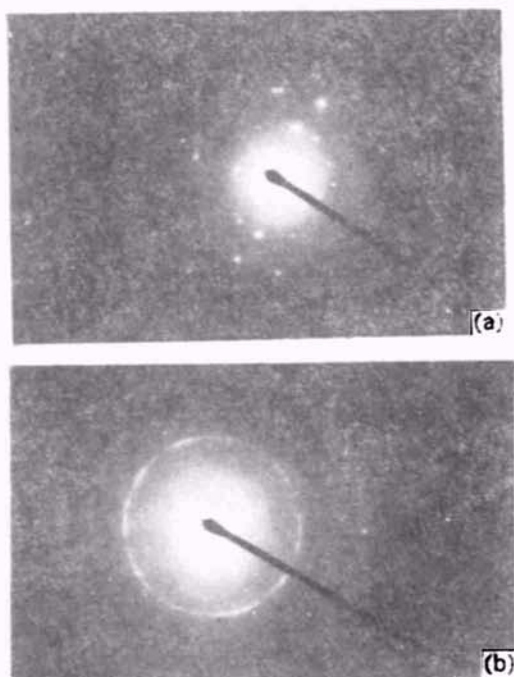


图 3 柴油样品的结构相

倍的结构照片, 如图 3(b) 所示, 其油样沉积物结构为同心圆环状的多晶结构, 也有月晕状的非晶态结构。比较图 3(a) 和图 3(b), 明显看

出,经磁场处理前后的柴油油样的沉积物的结晶形态发生了变化。

(2)重油样品的透射电子显微镜结构分析
未经磁场处理的重油样品,用100 kV的透射电子显微镜,获得放大5.5万倍的结构照片如图4(a)所示。可见,未经磁场处理的重油样品的沉积物结构为规则点阵的单晶结构。

经磁场处理的重油样品,同样用100 kV的透射电子显微镜,获得放大5.5万倍的结构照片如图4(b)所示。可见,经磁场处理后的重油样品的沉积物的结构照片为同心圆环和月晕状,其结构为多晶和非晶态结构。

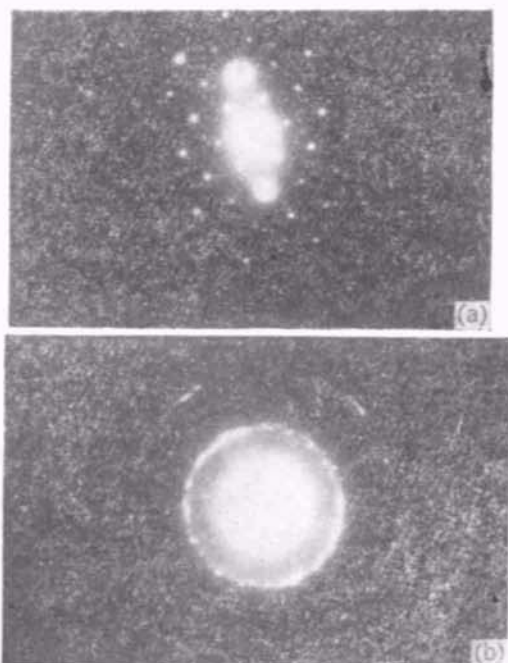


图4 重油样品的结构相

比较图4(a)和图4(b),可见磁场处理前后的重油样品的沉积物的结晶形态发生了变化。

二、实验结果的分析及对一些现象的解释

通过透射电子显微镜的分析结果,可以明显看出,无论是柴油还是重油,经过磁场处理后,其沉积物的结晶形态发生了明显变化,即由单

晶结构变成了非晶和多晶结构。我们认为这可作如下解释^[3,4]:(1)油(柴油和重油)是以油分子集团(即缔合油分子)形式存在的;(2)从磁能和键能的估算可知,数百 mT 范围内的磁场作用虽不能使缔合油分子解脱,但在常温下油分子间的碰撞即可使缔合油分子解脱。缔合油分子本身是非常动荡的,也就是说缔合油分子不总是固定的某些单个油分子组成的,这里的缔合油分子解脱了,而另一处的缔合油分子又形成了;油分子的缔合和解脱就这样处于动态平衡中。磁场的作用能使得油分子的解脱作用占优势。这样一来,原来被包围在油分子集团中的颗粒(如石蜡或其他杂质等)被释放出来而形成结晶晶核,或称之为内晶种。由于磁场对油的作用使得油中产生大量的内晶种,油中的沉积物就以内晶种为核心凝聚、长大而成为多晶体。未经磁场处理的油,其油分子的解脱和缔合仍处于平衡状态,则油中分散的内晶种就很少,油中的沉积物只能围绕个别的内晶种凝聚、长大而成为单晶体。

用磁场处理油在油中形成内晶种的观点解释磁防蜡、磁破乳和提高喷油的雾化程度等是可行的。由于磁场的作用在油中形成大量内晶种,油中的蜡分子不用扩散到输油管壁凝聚结蜡,而在管内就以内晶种为核心凝聚,并随油液流走了,从而起到了磁防蜡作用。对于磁破乳作用,可以这样理解其破乳机制:油和水混合形成油水混合分子集团,这些混合分子集团中,有的是油分子包围水分子,也有的是水分子包围油分子。水的密度比油大,当磁场作用使混合分子集团解脱占优势时,油分子与水分子分离,以致油浮在上层而水沉在下层,从而起到了磁破乳作用。同样,在燃烧中安装磁场处理油的装置后,在磁场作用下,油分子集团的解脱作用占优势,所以喷油的雾化程度得以提高。

综合上述实验结果及分析讨论,可以看出,透射电子显微镜对磁场处理油的效果及其机理分析是有效的。为此,今后可将透射电子显微镜作为有效工具,继续将磁场处理油的机理研究推向深入。

- [1] [美] R. 泽仑著, 黄 昉等译, 非晶态固体物理学, 北京大学出版社, (1988), 83.
- [2] 方俊鑫, 陆 栋主编, 固体物理学(上册), 上海科学技术出版社, (1980), 8.
- [3] [苏] B. И. 克拉辛著, 毛钰凡, 等译, 磁化水, 计诚出版社, (1982), 4.
- [4] 李德新, 磁能应用技术, No.3 (1990), 9.

高分辨 X 射线双晶衍射技术在半导体薄膜材料研究中的应用¹⁾

麦 振 洪

(中国科学院物理研究所, 北京 100080)

本文介绍了 X 射线双晶衍射技术的原理和对半导体外延膜的检测; 对普遍关心的衬底与外延膜的点阵失配、膜厚和成分及其变化的测定、衬底和外延膜完美性的检测以及超晶格结构和非常薄的外延膜的评价等作了扼要的综述。

半导体多层外延膜和超晶格材料的研究是近 20 多年来材料科学最活跃的前沿领域之一。人们最关心的问题之一是这些外延生长的晶体薄层的实际情况, 例如外延层相对衬底, 层与层之间点阵与成分的失配, 层的晶格完美性, 层的厚度、成分, 应力和缺陷密度, 界面的状态和结构等。这些参数都直接影响材料的物理性能, 是“能带工程”的中心内容之一。同时, 随着材料、器件尺寸的缩小, 缺陷的影响越来越重要。

由于 X 射线双晶衍射和 X 射线形貌技术具有直观、高分辨、非破坏检测等特点, 从 60 年代开始广泛地应用于近完美晶体缺陷的研究。近年来越来越受到半导体材料和器件研究及生产部门的重视。本文扼要地综述了高分辨 X 射线双晶衍射技术的原理、所能提供的外延膜的信息以及最新发展。

一、双晶衍射技术

为了研究晶体材料的完美性, 人们早就应用 X 射线衍射技术对外延膜进行分析。但是, 由于单晶衍射反射峰宽受人射束发散度的限制, 一般来说, 所测量的点阵失配极限为 5×10^{-4} 。为了研究晶体中 10^{-6} 或更小的应力, 或

点阵失配, 就要应用双晶衍射技术。

双晶衍射原理如图 1 所示, 从光源 S 发出的 X 射线经准直后入射到高度完美的参考晶体 A 上, 经晶体 A 反射, X 射线的单色性和发散度都得到改善, 然后入射到样品 B 上。如果在 P 的位置放置照相底片, 即可得到样品的双晶形貌图, 获得样品表层缺陷的信息。如果样品 B 绕垂直于入射平面的轴转动, 就可获得样品反射强度随角度的变化, 即摇摆曲线。根据实验的不同要求, 参考晶体 A 和样品 B 有不同的排列^[1]。根据 X 射线衍射动力学理论可知^[2]完美晶体反射峰宽只有几秒, 故样品内存在微小的应力、晶格失配或取向差等都将影响双晶摇摆曲线的形状和半峰宽。对完美的 III-V 族半导体化合物, 采用 $\text{CuK}\alpha_1$ 辐射, (004) 衍射, 其双晶摇摆曲线半峰宽约 $10''$, 相应于点阵失配为 50 ppm。值得提出的是, 所得的摇摆曲线是参考晶体和样品两者摇摆曲线的卷积, 因此选用高度完美的参考晶体是很重要的。同时, 参考晶体与样品的衍射面间距要尽量接近。摇摆曲线反射峰的半峰宽是衡量样品完美性的参量, 为了获得固有窄的摇摆曲线, 实验操作要非常细心。例如, 如果样品与参考晶体的衍射矢量

1) 国家自然科学基金资助项目。