

经验交流

对几种磁光材料的实验观测*

李德忠 王荫君 陈书潮 谢侃

(中国科学院物理研究所)

磁光效应虽是人们所熟知的现象,但近年来由于光通讯、光信息处理等新技术以及激光和薄膜应用发展中的需要,磁光效应的研究日趋增多,也已取得了不少的进展。然而,磁光效应的广泛应用却卡在材料的性能问题上。所以,探索和研究新的磁光材料是当前很重要的任务。另一方面,金属的磁光效应的微观理论还很不完善,因而基础研究也仍需深入进行。

本文介绍我们近来完成的一台磁光效应仪器,并报道用这台仪器得到的一些初步测量结果。

一、仪器和样品

本仪器是根据既可测克尔效应,也可测法拉第效应这样的要求装成的。可以称它为磁光谱仪,因为它可以在整个可见光谱(0.4—0.8微米)范围内测量磁性介质的克尔旋转谱和法拉第旋转谱。其装置示意图见图1。

磁光谱仪中的光源是一个400瓦的氙灯。透过1000埃的金属膜、2000埃的锰铋膜、或者几十微米厚的石榴石单晶膜的光,尚在仪器灵敏度范围之内。单色仪波长范围是0.2—1.0微米,但因受作为光检测器的光电倍增管的限制,有效测量范围为0.4—0.8微米。

样品放在电磁铁两极头间的空气隙中,空气隙的宽度为8—20毫米。最大磁场为18千奥。磁极头中部有一个直径为6毫米的柱形长孔,可让光束通过,如图1所示。

在作克尔极向效应的测量时,反射光通过45度倾斜的半透明平玻璃片,把极向克尔效应的光讯号反射进图1上部的检偏稜镜和光电倍增管。只要样品表面足够光滑,就可进行极向克尔效应的测量。

对于磁性介质,法拉第或者克尔旋转角正比于介质的磁化强度。因此,只要把磁光讯号与测量磁场强度的霍尔探头上的讯号同时输至x-y记录仪上,就可自动绘出磁滞迴线。

磁旋转角的测量是通过自动旋光装置自动、直接地读出(图1中虚线围着的部分),最小可读至0.005度,多次读数误差不大于0.02度。

在上述装置中,若把偏振稜镜和调制器去掉,它就是通常的光学谱仪。它既可以测量介质的光学常数(如吸收谱),又可作测量薄膜的厚度用。由于磁极头空气隙可以根据需要进行调节,可以进行高低温的测量。

* 1976年2月9日收到。

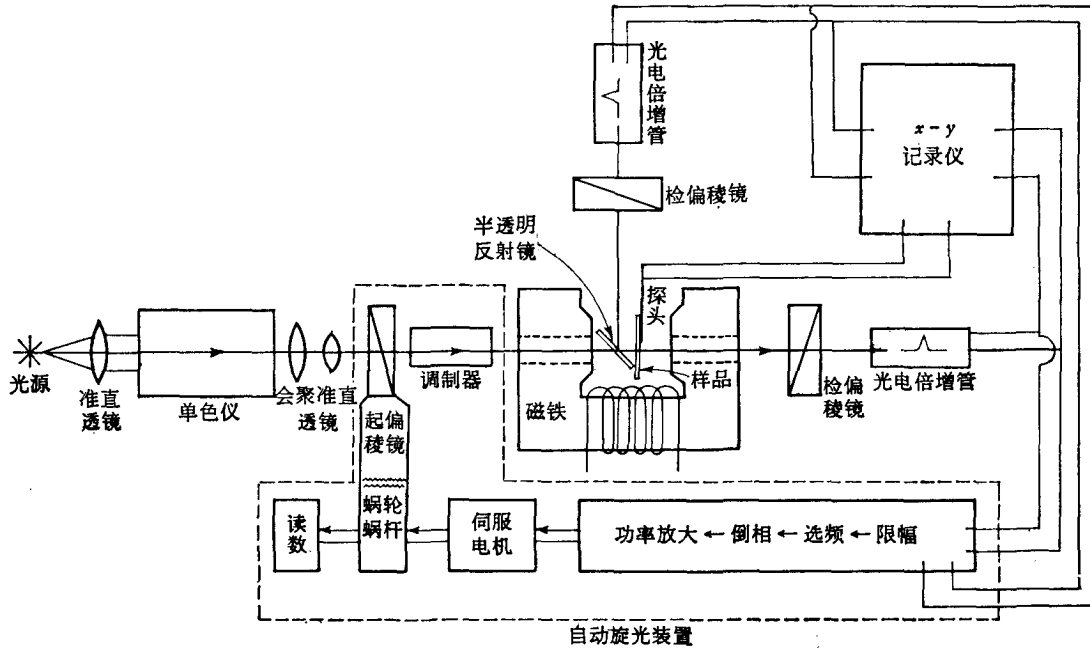


图1 磁光谱仪示意图

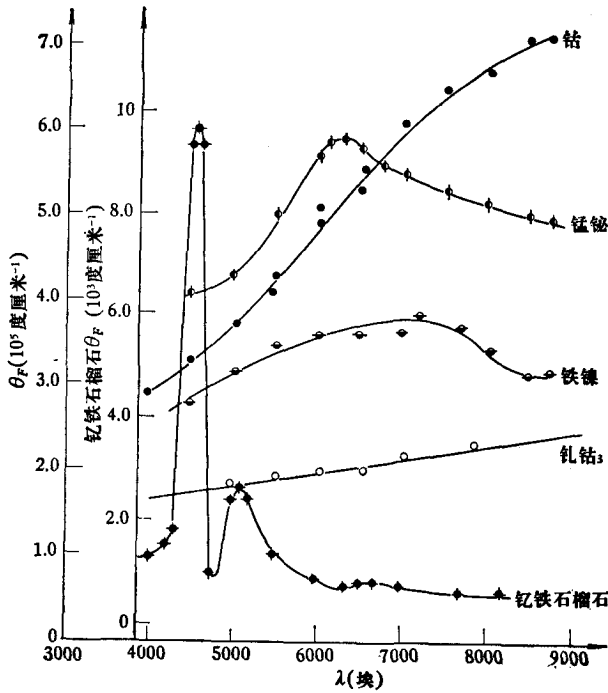


图2 各种磁膜的法拉第旋转角 θ_F 和波长 λ 的关系

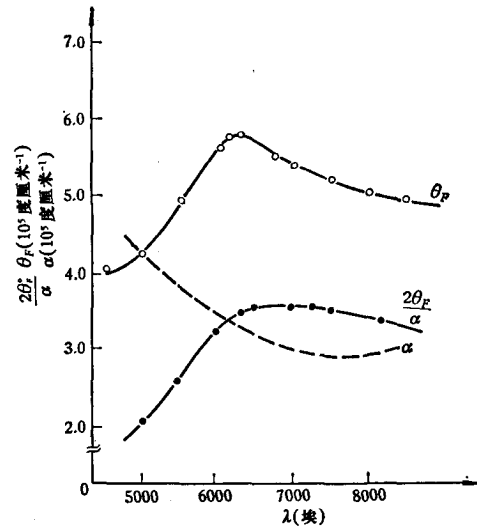


图3 锰铋膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 、吸收谱 $\alpha(\lambda)$ 和比值谱 $2\theta_F/\alpha(\lambda)$

总之,该磁光谱仪可以作透射法拉第效应测量,也可以作反射克尔效应测量;它可以作磁光参数测定用,也可作某些磁性参数(如磁滞迴线、矫顽力)测定用;它可以进行常温测量,也可以进行高低温测量等等。这些特点使它成为研究透明、半透明的薄膜以及不透明的厚膜的磁特性、磁光特性的重要工具。

二、结果和讨论

图 2 是各种磁性薄膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$, 其中 θ_F 表示法拉第旋转角, λ 表示波长。

图 3 是锰铋膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 、吸收谱 $\alpha(\lambda)$ 以及磁光效应的优值谱 $2\theta_F/\alpha$ 。

钆钴薄膜是很有希望的磁泡材料和磁光材料。有关磁泡的工作以及用磁光谱仪测得的磁滞迴线可参阅文献[1], 本文着重介绍钆钴膜的磁光基本参数。

图 4 是蒸发淀积的钆钴膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 和优值谱 $\frac{2\theta_F}{\alpha}(\lambda)$ 。从图可见, 其优值 $\frac{2\theta_F}{\alpha}$ 在 0.3—0.7 之间, 比已知的最新室温磁光材料锰铋锗薄膜的优值(0.1—0.3)还大^[2]。

溅射钆钴膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 和克尔旋转角 $\theta_K(\lambda)$ 分别示于图 2 和图 5 中。对

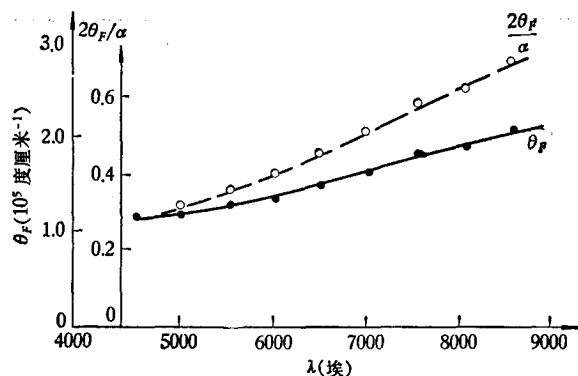


图 4 蒸发的钆_{23.5}钴_{76.5}膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 和优值谱 $\frac{2\theta_F}{\alpha}(\lambda)$

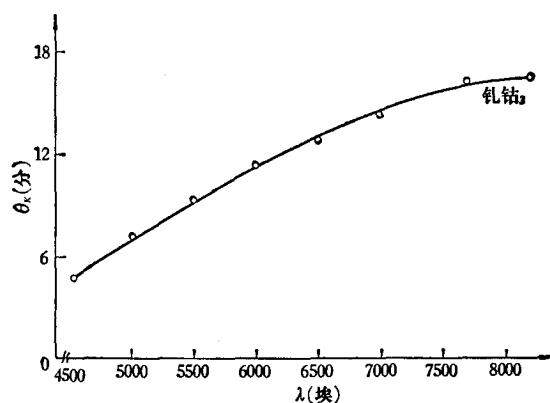


图 5 溅射的钆钴(靶的成分)薄膜的克尔旋转角 θ_K 和波长 λ 的关系

比图 2, 4 和 5, 蒸发和溅射制备得的钆钴膜的法拉第旋转谱的形状相似, 说明它们的结构相同。

作为热磁写入的磁光存贮介质, 钆钴膜的最大优点是它的抵消点较低。改变钆与钴的相对比例, 可使钆钴膜的抵消点移至室温附近。

金属薄膜的法拉第旋转谱很少有明显、尖锐的“峰”。而离子晶体则不同, 钇铁石榴石单晶薄膜在 $\lambda = 0.458, 0.54, 0.66$ 微米处有明显的峰, 见图 2。

图 6 是铈钪镓铁石榴石单晶薄膜的法拉第旋转谱 $\theta_F(\lambda)$ 。由图可见, 随着镓含量的减少, B 峰向长波移动, A 峰向短波移动, 且 A 峰更宽, 甚至在 $\lambda = 0.44$ 微米处出现另一峰。如果结合结构分析, 可以研究离子能级的变化^[3]。

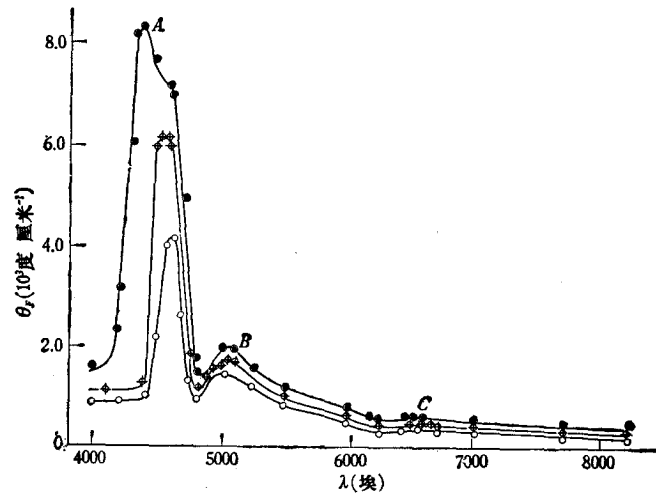


图 6 铈钪镓铁石榴石单晶薄膜的法拉第旋转谱

●—(铈钪)_{0.3}铁_{4.2}镓_{0.5}氧₁₂; ◆—(铈钪)_{0.3}铁_{4.1}镓_{0.6}氧₁₂;
○—(铈钪)_{0.3}铁_{4.0}镓_{0.7}氧₁₂

最后, 讨论有关薄膜应力的例子。图 7 表示在 10^{-5} 托真空度, 用圈源蒸镀的铁镍薄膜的法拉第旋转角 θ_F 随垂直于膜面的外加磁场变化的曲线 (相当于沿膜面法线方向的 $M-H$ 曲线)。由于磁化是转动过程, 因此 θ_F-H 关系应是直线且通过原点。然而, 直线并不通过原点, 在 $H = 0$ 时, 出现一旋转角 θ_F' 。实际上, 在整个磁化过程的测量中, 有一与磁场无关的固有的旋转角 θ_F' 叠加在曲线上, θ_F' 称为固有旋光性。若以入射光方向 (即磁场方向) 为轴, 转动样品 (以 β 表示相对转动角), 则出现图 7 右下方的曲线。它是以 π 为周期的正弦曲线。这表明, 在膜面内有一对相互垂直的“轴”, 而这固有的旋转角 θ_F' 是由于偏振方向 (或者电矢量振动方向) 分别沿这一对相互垂直的轴的光的吸收不同而产生的 (由应力或者结构产生的线二色性)。只要测出沿这两个轴 ($\theta_F' = 0$ 的方向) 的吸收系数 α_{\parallel} 和 α_{\perp} , 则可算出 θ_F' 的值。无论用圈源或点源蒸镀, 其中包括铁镍膜、钆膜或钆钴膜, 只要底板温度足够低 (室温或室温以下), 就出现上述所说的固有旋光性。由此可见, 它不是斜入射产生的结构各向异性, 而是由应力引起的。有意思的是, 这固有旋光性与波长有关, 且与材料种类也有关, 见图 8。

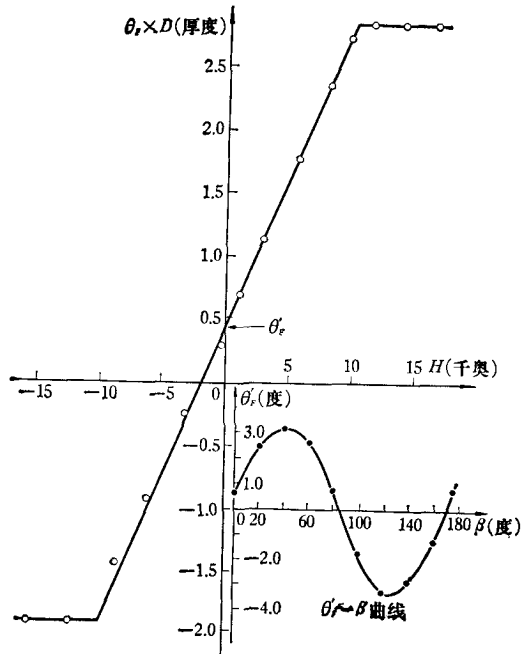


图7 铁镍薄膜的 θ_r-H 关系
和固有旋光性 θ_r'

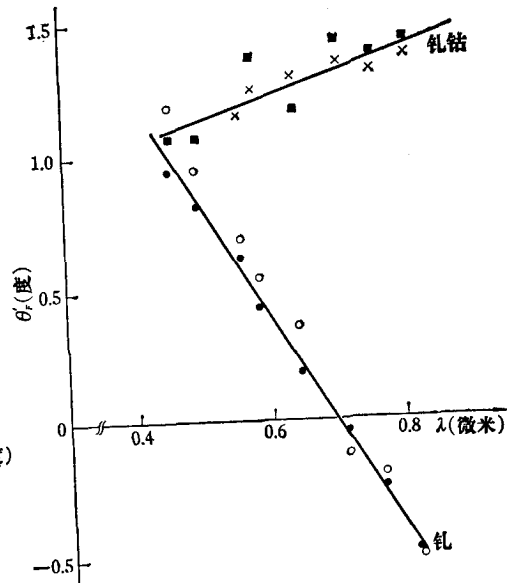


图8 钆、钆钴膜的固有旋光角 θ_r' 与波长 λ 的关系
● × ——直接测量值；○ ■ ——由 α_{\parallel} , α_{\perp} 计算值

上述这些工作，还必须和材料的结构、成份的分析紧密结合起来。对于薄膜，这些分析是比较困难的，这方面尚需深入进行工作。

参 考 文 献

- [1] 王荫君等, 溅射钆钴合金薄膜的磁性, 已送物理学报.
- [2] C. F. Shelton, *IEEE Trans. on Mag.*, **9**(1973), 398.
- [3] J. C. Suits, *IEEE Trans. on Mag.*, **8** (1972), 95.

EXPERIMENTAL OBSERVATIONS OF SOME MAGNETO-OPTICAL MATERIALS

LI DE-ZHONG WANG YING-JUN CHEN SHU-CHAO XIE KAN