

激光辐照引起软磁材料的磁取向变化

吴詠华 丁力* 段晓渝** 杨嘉玲 周孝南

(中国科学技术大学, 合肥)

Variation of magnetic orientation of soft magnetic materials irradiation by laser

Wu Yonghua, Ding Li, Duan Xiaoyu, Yang Jialing, Zhou Xiaonan

(University of Science and Technology of China, Hefei)

提要: 本文报道用激光辐照软磁材料 DQ151 硅钢片的实验结果。**关键词:** 激光辐照, 穆斯堡尔效应

一、引言

激光是具有极好的时、空相干性的强电磁波。通过激光与物质的相互作用,使物质的某种性能发生改变,这已引起越来越多的人注意。几年来在激光相变硬化、表面合金化、快速熔凝和冲击强化等方面的研究很多^[1~3],但主要是对材料的机械性能进行研究。

本文研究软磁材料 DQ151 硅钢片,经脉冲钎玻璃激光器的不同脉冲功率密度辐照后,用 γ 射线散射式穆斯堡尔谱,分析样品表面 $20\mu\text{m}$ 区域内的超精细结构方面的变化信息。并测量了磁性参量,给出经激光辐照后,引起材料的磁取向变化、磁性参量变化和磁性各向异性常数减小等数据。发现激光辐照引起材料的磁性变化,为提高和控制材料磁性质的改变提供了依据。

二、实验与结果

2.1 样品制备

所取 DQ151 硅钢片材料是冷轧取向电工钢带,其标称值为厚度 0.35mm 、密度 7.65g/cm^3 、铁损(50 Hz, 17 kG) 1.51W/kg 、最小磁感 1.77Wb/m^2 。经分析材料的含硅量为 2.95% 。

钢带表面经全相抛光后,剪裁成 $37\text{mm} \times 28\text{mm}$ 的小块,在其上半部用冲床冲出一外径 18mm 、内径 12mm 的圆环,将它贴在相同大小的铜板上,用 MnPO_4 复盖物进行黑化,然后进行激光辐照处理。其中圆环样品用于磁测量,其余部分用于穆斯堡尔谱测量。

所用激光器为钎玻璃激光器,并附有均

收稿日期:1988年1月25日。

* 吉林化工学院; ** 四川大学

表1 激光辐照的功率密度

样品编号	DQ151-1#	DQ151-3#	DQ151-4#	DQ151-5#	DQ151-7#
充电电压(V)	0	2.0×10^3	2.2×10^3	2.4×10^3	2.8×10^3
照射能量(J)	0	1.5	2.5	5.8	9.6
功率密度(W/cm ²)	0	9.7×10^3	1.6×10^4	3.8×10^4	6.2×10^4

匀化系统、光阑和样品移动台等装置。采用均匀化系统是使激光光束呈方形截面且强度分布均匀，系由两块相同的透射聚焦透镜正交相向设置构成。

激光脉冲宽度为 10^{-3} /s，波长为 $1.06 \mu\text{m}$ ，储能电容为 $6 \times 200 \mu\text{F}$ ，最大充电电压为 $4.0 \times 10^3 \text{ V}$ 。为避免光斑重叠造成回火效应，使光斑之间有 1.0 mm 的间隔，光阑尺寸为 $3.5 \text{ mm} \times 4.4 \text{ mm}$ 。数据列于表 1。

2.2 穆斯堡尔谱的测量

由于样品厚，不能用透射方法测量穆斯堡尔谱。本实验测量 γ 射线散射式穆斯堡尔谱，测量装置如图 1 所示。放射源 S 在电磁振子带动下作等加速往返运动。样品 A 被固定在方向样品台上。 γ 射线经准直孔 B 后沿与样品表面法线方向成 45° 夹角方向入射到样品上，部分被共振吸收。当被激发的原子核退激发时会放出与原入射 γ 光子能量相同的 γ 光子。用探测器 D 收集沿样品表面法线方向成 45° 夹角出射的次级 γ 射线，即得到散射式穆斯堡尔谱。

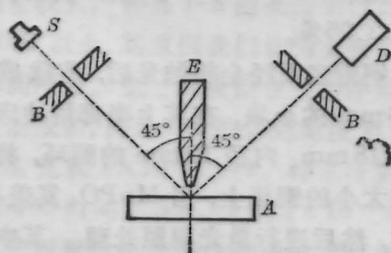


图1 散射测量系统

实验使用 PH-801A 型等加速穆斯堡尔谱仪，探测器为 FJ-374 型闪烁计数器。数据采集用 S-40 型多道分析器，存贮单元为 1024 道，测得镜像谱后将数据折迭。穆斯堡尔源

为 ^{57}Co (铍衬底) 强度约 $2.2 \times 10^8 \text{ Bq}$ 。速度刻度用 $25 \mu\text{m}$ 厚的标准 $\alpha\text{-Fe}$ 谱标定。所得数据经计算机按最小二乘原理拟合后绘图，全部数据处理均使用本实验室设计编辑的程序软件。

2.3 磁性测量

采用冲击电流计测量样品的磁化曲线和磁滞回线。其装置如图 2 所示^[4]。在被测样品环上用 $\phi 0.35 \text{ mm}$ 的漆包线绕初级线圈 530 匝，次级线圈 96 匝。图中 G 为冲击电流计， M 为标准互感器，按常规测量给出冲击常数 $C = 6.78 \times 10^{-2} \text{ A} \cdot \text{H/m}$ 。当初级线圈有电流 I 流过时，样品内的磁场强度为 $H = nI$ ， n 为单位长度线圈的匝数。同时有磁感应强度 $B = \frac{C}{NS} P$ 。其中 C 为冲击常数； N 为次级线圈的匝数； S 为线圈平均截面积； P 为冲击电流计对应于电流 I 所产生的冲掷角，用偏转格数代表的长度表示。测量一系列电流数值的冲掷角，即得到磁化曲线和磁滞回线。

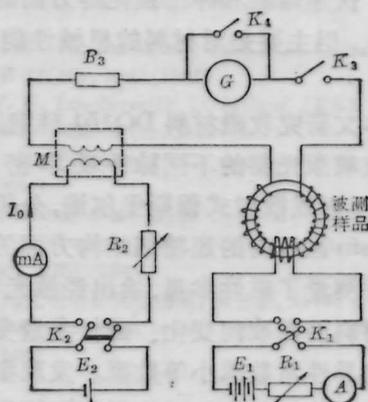


图2 磁测量装置

三、结果与讨论

3.1 穆斯堡尔谱测量结果

图3给出1[#]、5[#]、7[#]样品的散射式穆斯堡尔谱图，其上有拟合谱线和分解为三套六线谱的峰位标志。分解为三套谱是根据样品材料中铁原子的最近邻的8个原子中，可能全是铁原子(8nn)；也可能是7个铁原子1个硅原子(7nn)；还有很小的几率是6个铁原子2个硅原子(6nn)。取8nn的权重为0.60，7nn的权重为0.35，而6nn的权重取0.05^[5]。假定激光辐照作用主要影响8nn，为此解谱时先将对应于7nn与6nn的6线谱按未照射的1[#]样品的相应的6线谱剥离，余下来对应8nn的6线谱，明显反映出随着激

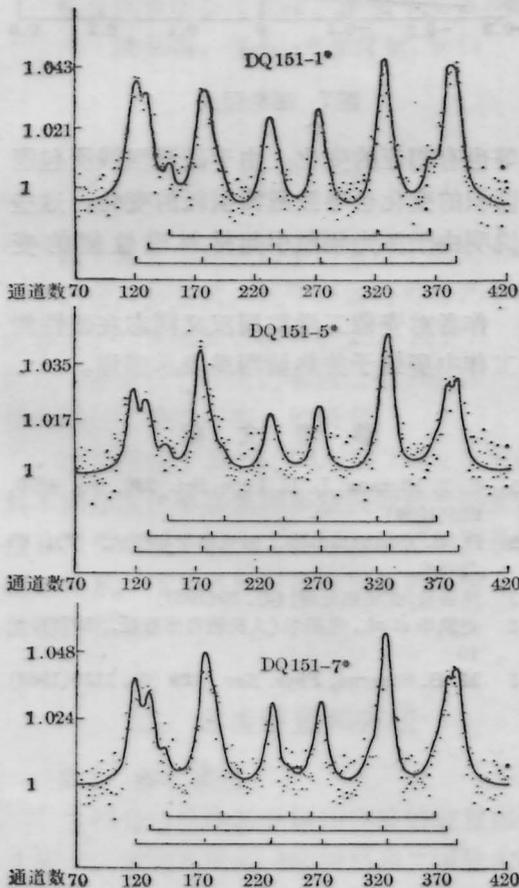


图3 穆斯堡尔谱图

光辐照功率密度的增加，其第2、5峰的相对强度增大，对应的面积 $A_{2,5}$ 也相应地增大(谱线宽度相同)，见图4。

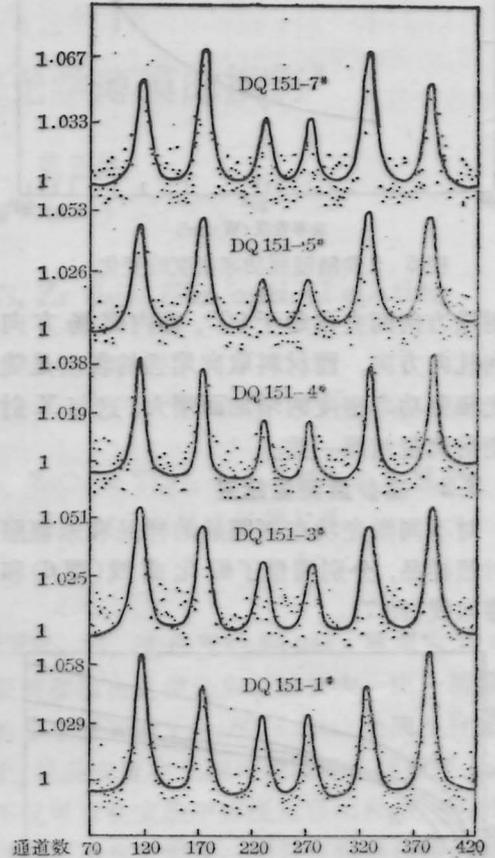


图4 对应8nn的穆斯堡尔谱图

根据 γ 射线传播方向和磁场方向间夹角 θ 的不同，引起超精细跃迁的谱线相对强度的不同，推出6线谱中第2、5峰面积与第1、6峰面积的比值为

$$\frac{A_{2,5}}{A_{1,6}} = \frac{C_{2,5}^2 \Theta(J, m)_{2,5}}{C_{1,6}^2 \Theta(J, m)_{1,6}} \quad (1)$$

式中 C 为克莱布希-戈登系数， $\Theta(J, m)$ 是与 θ 有关的项。令 $\alpha = A_{2,5}/A_{1,6}$ ，根据实验给出的不同激光功率密度辐照时的 α 值，可推出 θ 随激光辐照功率密度的变化关系。结果见图5。

由以上结果看出，随激光辐照功率密度的增加，材料中铁原子核处磁场方向与入射

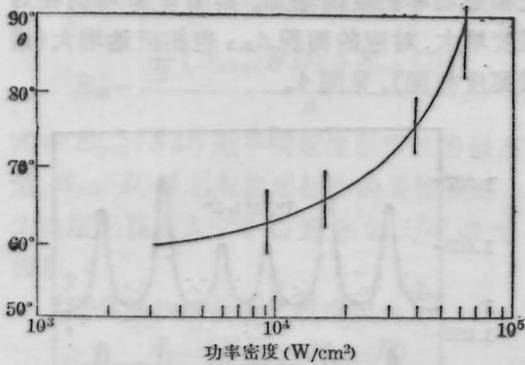


图5 θ 角随辐照功率密度的变化

γ 射线方向间夹角趋于 90° ，即内磁场方向转向轧向方向，而材料取向增强的程度是随激光辐照功率密度的增加而增大。这与X射线衍射测量结果一致。

3.2 磁参量测量结果

对不同激光功率辐照后的样品和未辐照的对照样品，分别测量了磁化曲线(图6)和磁滞回线(图7)。

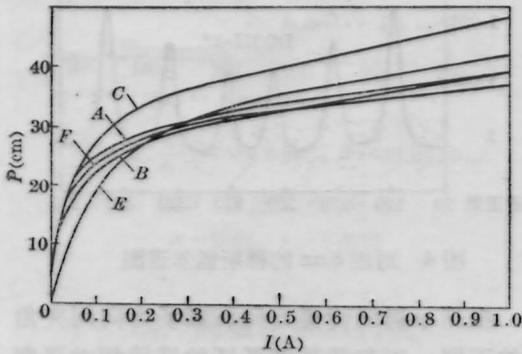


图6 磁化曲线

A—DQ151-1#; B—DQ151-3#;
C—DQ151-4#; E—DQ151-5#;
F—DQ151-7#

从图7的磁滞回线看出，随辐照激光功率的不同，磁滞回线有变化，矫顽力、剩余磁

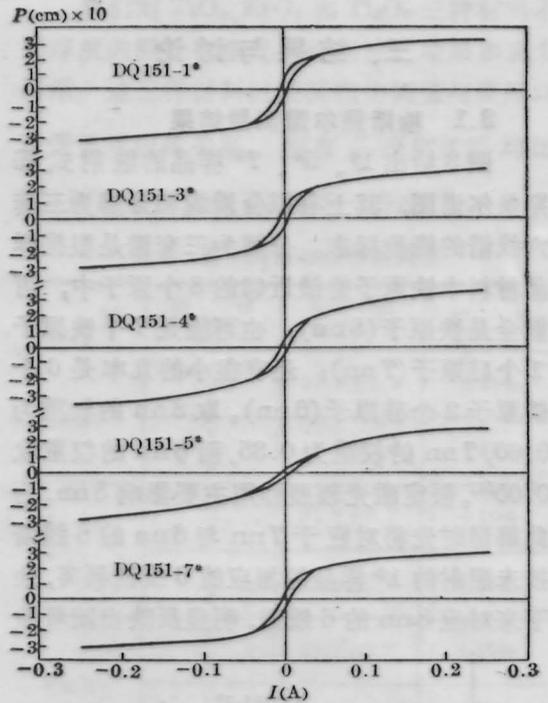


图7 磁滞回线

场等也有相应的变化；由于磁滞回线所包围的面积的变化也导致磁滞损耗的变化。这些都说明由于激光辐照引起材料磁性能的变化。

作者对安徽工学院周汉义同志在磁性测量工作中所给予的热情帮助表示感谢。

参 考 文 献

- 1 S. T. Picraux, L. E. Pope, *Sci.* 226, No. 4675, 615(1984)
- 2 D. S. Gnanamuthu, *激光科学与技术*, (3), 65 (1982)
- 3 姚善长, *金属热处理*, (2), 39(1987)
- 4 赵凯华 *et al.*, *电磁学*(人民教育出版社, 1978), p. 70
- 5 M. B. Stearne, *Phys. Rev.*, **129** (3), 1136(1963)