

图3 I-V 特性曲线

四、讨论

1. 成本问题

我们用的衬底材料仅 8 元一公斤，而 CdS 材料要 580 元一公斤。加之陶瓷工艺简单、可靠、设备投资少，便于大规模生产。因而，此电池成本低廉。例如，我们组装一个供 6V 收音机用的电池，只需成本费 4—5 元，估计组装 1 瓦的小方阵，成本约 20 元。此价格与硅电池相比，便宜得多。

2. 提高效率问题

烧结膜电池的效率，原则上有可能接近烧结体电池水平，后者国外已达 10%。

我们的电池内阻太高，降低内阻，提高填充因子，将会使效率提高。这可以通过调节气氛，造成 CdS 膜中适当的 Cd 过剩，或掺入 P 型杂质 In、Ga 等来实现。同时要保证有合适的晶粒尺寸。

总之，通过降低内阻，提高电池的均匀性，以及使 Cu_2S 达到精确的化学比 ($X = 2.0$)，栅线宽度 T 和距离 S 达到最佳化，电池的性能估计将会大大提高。经过艰苦的努力，如果电池效率能提高到 8%，寿命大于 8 年，则发电成本在日照长的特殊地区可接近火力发电水平。因此，这种电池作为地面应用将是十分吸引人的。

参考文献

- [1] R. J. Mytton, Progress in the Development of Cadmium Sulphide Terrestrial Solar Batteries.
- [2] S. Vojdani, M. Doroudian, A. Parvizi, Further Progress in the Technology of Silk Screened CdS SOLAR CELLS
以上文章发表在“1974 年汉堡国际能量转换会议论文集”中。

磁泡材料畴壁运动矫顽力 H_c 的一种测量方法*

韩宝善 贾克昌 刘英烈 李靖元

(中国科学院物理研究所)

前言

磁泡技术于 1969 年问世。由于磁泡存储器有单片容量大，存储密度高，体积小，可靠性高，信息存储的非易失性以及速度超过机械磁存储器(如磁盘、磁鼓等)等显著的特点，所以九年来发展迅速，成为一种大有希望的新型存储器。

畴壁运动矫顽力 H_c ，即畴壁开始移动所需的磁场，是磁泡材料最重要的特性参数之一。磁泡的运动实质上就是围绕磁泡的畴壁的运动。

磁泡动力学告诉我们， H_c 的大小决定着使磁泡开始运动所需外加驱动磁场的大小。可见，对于磁泡材料， H_c 越小越好。降低 H_c 是磁泡材料研究中的一个重要课题。

测量畴壁运动矫顽力的方法有几种。在磁泡技术发展初期，Boback 等人^[1]提出了一种测量方法，先强迫两个磁泡接近，然后测量它们相互排斥后达到的平衡间距，从而计算 H_c 。这种方法只适用于早期的大泡径正铁氧体磁性材料，对于目前采用的泡径只有几微米的石榴石

* 1978 年 7 月 22 日收到。

磁泡材料没有实用价值。1972年 Vella-Coleiro 和 Tabor^[2] 提出了动态测试的脉冲梯度场磁泡传输法。按照下列关系式:

$$V = \frac{1}{2} \mu_w \left(\Delta H - \frac{8}{\pi} H_c \right),$$

测量磁泡速度 V 和泡径两端偏磁场差 ΔH 的关系曲线, 可以同时定出畴壁迁移率 μ_w 和矫顽力 H_c 。但是, 由于动态测试的误差较大, 从测量求得的 H_c 的结果也不准确。我们采用了目前国际上较常用的条状畴壁振动法^[3], 建立了测量设备。一年多的使用情况表明, 这套设备测试稳定、快速、准确、适用于作磁泡材料的常规测试和基础研究。

经过适当的改装, 这套设备还可用于测定磁泡材料的 Neel 温度、补偿点以及单轴各向异性常数等参数, 所以具有较普遍的参考价值。下面, 我们将介绍条状畴壁振动法的测量原理, 测量设备并讨论测量中的一些问题。

测量原理

单晶石榴石磁泡材料是在无色透明的 GGG 片上用液相外延的方法生长的一层厚度只有几微米(甚至亚微米)的黄绿色或褐色的透明薄膜。用透射偏光显微镜观察, 膜中的条状畴由于法拉第(Faraday)效应而呈现黑白相间, 如图 1 照片所示。如果在垂直膜面的方向上加一交变磁场

$$H(t) = H_0 \sin \omega t$$

畴壁将发生振动。透光样品的光强度也以相同的频率 ω 周期性地变化。随着交变磁场振幅 H_0

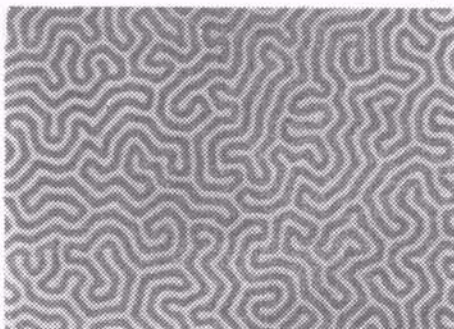


图 1 退磁状态的条状畴

的增大, 畴壁振动加剧, 因而被调制的光信号也增大。用光电倍增管接收全部光信号并转变为电信号, 再用锁相放大器取出和放大其中有特定频率 ω 的交流部分并转化为直流信号。这样锁相放大器输出的直流电压 V_0 就和畴壁振动的幅度成正比。用 X-Y 记录仪记录 V_0 和交变场振幅 H_0 的关系曲线(以下简称“样品曲线”)如图 2 曲线 a 所示。这条曲线的特征是除初始段稍有弯曲外, 线性很好。把线性部分的数据点联成直线与 X 轴的交点对应的 H_c' 就是使畴壁开始移动所需的磁场即畴壁运动矫顽力 H_c 。

但是, 由于偏光显微镜光学系统本身也有法拉第效应, 所以在不加样品时, 随着交变磁场振幅的增加, 也有一个较弱的交变光信号输出。在 X-Y 记录仪上可得到一条通过坐标原点的直线(以下简称“背景信号”), 如图 2 曲线 b 所示。这样, 样品曲线的线性段联线和背景信号曲线的交点所对应的 H_0 值才是畴壁运动矫顽力 H_c 。

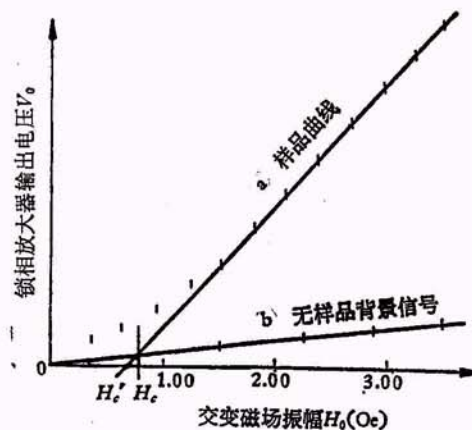


图 2 V_0-H_0 关系曲线

测量设备

图 3 是我们建立的测量设备的照片, 图 4 是方框图。

偏光显微镜(XPB-01型)用来显示磁泡材料的条状畴型, 并选择合适的测量地点。测量时去掉目镜。显微镜光源是交流稳压电源供电的 100W 球形白炽灯。为了在垂直膜面的方向

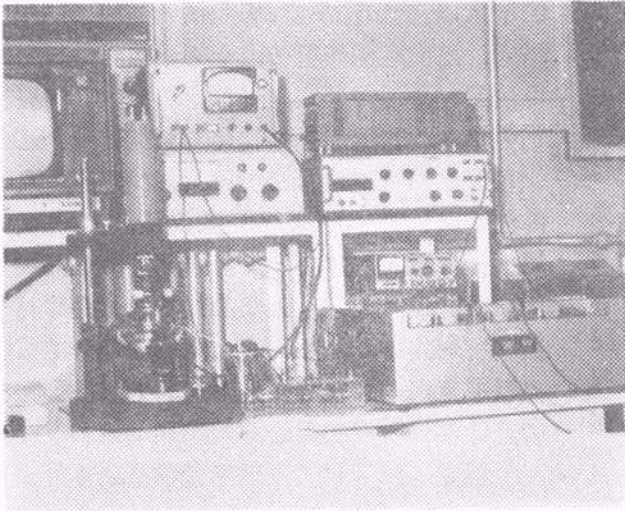


图3 H_c 测量设备照片

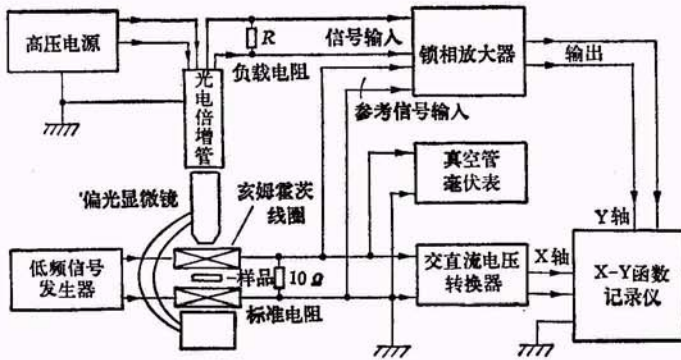


图4 H_c 测量设备方框图

加一均匀交变磁场,我们设计了磁场常数为 $203\text{Oe}/\text{A}$,最大通过电流为 400mA 的标准亥姆霍茨 (Helmholtz) 线圈,并改装了显微镜。

XD-1 型低频信号发生器输出正弦电流经过亥姆霍茨线圈以产生交变磁场。本实验设备,频率固定在 161Hz (采用其它频率也可)。输出电流有效值范围为其产生的磁场幅值约为 $0-12\text{Oe}$ 。 10Ω 标准电阻两端并接真空管电压表,以监测信号发生器输出电流的大小。

标准电阻上同时还并接交直流电压转换器 (FH19 型),其输出接入 X-Y 记录仪 (LZ3-200 型) X 轴,用作交变磁场振幅 H_0 的测量。需要指出的是, FH19 型交直流转换器要求配接仪器的输入阻抗大于 $200\text{M}\Omega$,才能实现 1:1 的电压变换,而 LZ3-200 型 X-Y 记录仪的输入阻抗 ($1\text{M}\Omega$ 以下)远不能满足此要求。为此,在使用

时必须根据所使用的仪器和亥姆霍茨线圈的磁场常数进行校准,定出 X-Y 记录仪 X 轴偏转 1cm 时相对应的交变磁场振幅值。对我们的设备和测量条件,此值为 $0.39\text{Oe}/\text{cm}$ 。

我们采用英国 EMI 公司的 9658B 型光电倍增管检测光信号。光电倍增管用托架置显微镜上方。这种管子适用于可见光,波长范围是 $0.4-0.8\mu\text{m}$ 。它所需高压由 FH-426B 型高压电源供给,同时专门设计了适用于 9658B 型光电倍增管的双层电磁屏蔽套。

光电信号通过负载电阻输入锁相放大器 (英国 ORTEC BROOKDEAL 公司 9402 型)。锁相放大器所需参考信号取自 10Ω 标准电阻。它的输出接到 X-Y 记录仪的 Y 轴。

锁相放大器的灵敏度及时间常数的选择依所测对象而定。通常,灵敏度选用 $30\mu\text{V}$, $100\mu\text{V}$, $300\mu\text{V}$, 时间常数为 1 秒。关于锁相放大器的原理和使用,可参看文献[4]。

讨 论

1. V_0-H_0 关系曲线的两种情况

经过旋光仪的鉴定,显微镜光学系统具有正法拉第效应。而不同的磁泡材料,法拉第效应的符号却有正有负。这样,在测量中会出现图 5 中 (a) 和 (b) 两种不同的情况。无论那种情况, H_c 都由样品曲线线性段的联线和背景信号的交点来确定。

2. 条状畴型不需要在阴极面成象

我们在实验中发现条状畴型在光电倍增管阴极面上成象与否不影响 H_c 的测量结果,原因是光电倍增管的输出电信号只同射入阴极面的光子数有关。

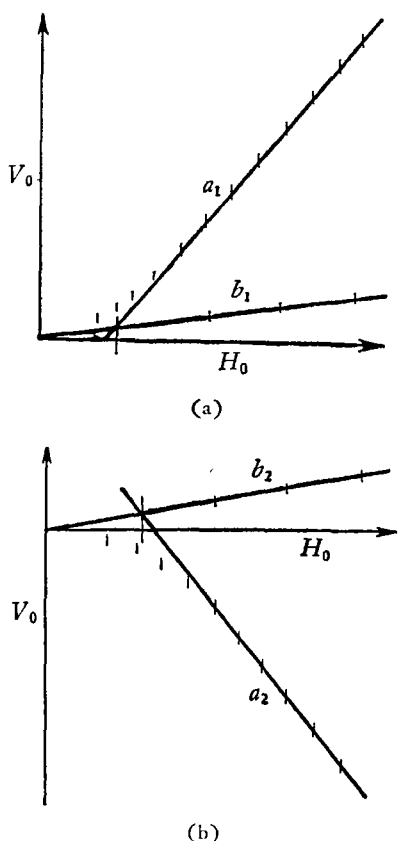


图5 V_0-H_0 关系曲线的两种情况
(a) 样品具有正法拉第效应 (b) 样品具有负法拉第效应

3. 提高测量准确度和精确度的一些考虑

测量 H_c 归结为测 V_0-H_0 关系曲线。

锁相放大器的直流输出 V_0 和畴壁振动的幅度成正比。它的数值决定于显微镜光源强弱、物镜放大倍数，光电倍增管高压及其负载电阻 R 的大小等四个因素，所以只是一个相对值，我们做了一系列实验来分析上述诸因素对 H_c 测量结果的影响，给出下列结果：

(1) 9658B 型光电倍增管的极大阳极电流(平均值)为 1 mA。这是选择光源强度和光电倍增管高压大小的一个依据。

(2) 为了测量面积尽可能小的局部地区矫顽力，又使物镜表面不至于太靠近样品，物镜放大倍数以 25 倍为宜。

(3) 适当选择光电倍增管所需高压的大小及负载电阻 R 的大小，可以得到信噪比大的输出信号和提高测量的稳定性，不影响 H_c 的测量值。

4. H_c 测量的读数偶然误差

在我们的实验中， H_c 测量的较大的误差来源是读数偶然误差。前面讲过，在通常的实验条件下，X-Y 记录仪 X 轴偏转 1cm 相应的交变磁场振幅是 0.39 Oe (这是实际校正值)。由于样品曲线线性部分数据点联线的不重复性(主要是由 V_0 值的起伏造成的)，样品曲线和背景信号的交点左右偏离一般在 $\pm 1\text{mm}$ 以内，因此读数偶然误差可以估计为 $\pm 0.04\text{Oe}$ 。考虑到磁泡材料的畴壁运动矫顽力一般小于 0.5 Oe，这是一个不小的误差。但和其它方法相比，条状畴壁振动法仍是一种较好的测量方法。

参 考 文 献

- [1] A. H. Bobeck, et al, IEEE Trans. Mag. MAG-5 (1969), 544.
- [2] G. P. Vella-Coleiro and W. J. Tabor, Appl. Phys. Letters, 21 (1972), 7.
- [3] R. W. Show, R. M. Sandford, and J. W. Moody, AD 748426 (1972), 115.
- [4] 中国科学院物理研究所微弱信号检测小组、江西庐山电子仪器厂,《锁相放大器——一种检测微弱信号的手段》,《物理》, 6-4 (1977), 206.