

磁记录的发展及其应用

罗 河 烈

(中国科学院物理研究所)

自 1898 年丹麦工程师 V. Poulsen 发明磁性录音机到现在,已有 85 年的历史.近二十年来磁记录的发展异常迅速:磁带的线记录密度比开始时的提高了一千倍多,当时的记录波长 $\lambda \approx 1000 \mu\text{m}$,现在的记录波长已缩短到 $\lambda < 1 \mu\text{m}$;磁带的信噪比、失真度、频率特性等主要电声性能都有明显的改善和提高,此外还在研究新的记录方式.由于磁记录具有较全面的优点,它已成为现代科学技术和人民生活不可缺少的重要工具.由于篇幅所限,本文只对磁记录的原理作简要的介绍,而着重介绍磁记录的发展及其应用情况.

一、磁记录的简要原理

信号的磁记录以铁磁物质的磁滞现象为基础.它的记录和还原过程见图 1.

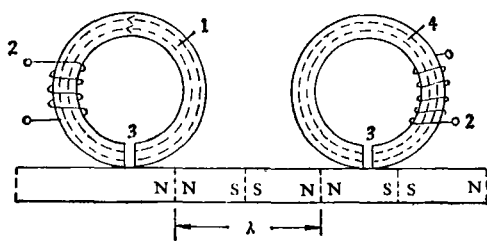


图 1 信号磁记录和还原过程图

1——记录磁头铁芯; 2——绕组; 3——空气缝隙;
4——还原磁头; 磁带以速度 v 向右运动

对随时间改变的电信号进行磁记录的方法如下:电信号使记录磁头的缝隙产生磁场,而磁记录介质(如磁带等)则以恒定的速度相对磁头移动,磁头缝隙的磁场使磁记录介质不同的位置产生不同方向和大小的剩余磁化强度,即

记录了被记录的电信号.

磁头的铁芯有非磁性(空气)的缝隙(图 1),被记录信号的电流在记录磁头的绕组中通过时,在它的铁芯里产生磁通,在缝隙附近的部分磁场通过铁芯外的空气而闭合.当磁记录介质紧贴磁头的表面匀速地通过时,就会被记录磁头缝隙处的磁场所磁化.磁记录介质离开磁头的磁场范围之后,仍保留有剩余磁化强度.由于磁头所产生的磁场随被记录的信号的变化而变化,因而磁记录介质的剩余磁化强度的变化记录了信号随时间的变化.

被记录信号在一个振荡周期内,使记录磁头产生的磁场的方向改变一次,在磁记录介质上产生两个方向相反的剩余磁化小区域,可以把它看成两个小磁铁.

还原磁记录介质所记录的信号过程是这样的:记录信号后的磁记录介质以一定的速度相对还原磁头移动,其速度等于它记录时的速度.还原磁头和记录磁头的构造相似,由绕组和非闭合的铁芯组成.当记录后的磁介质和还原磁头的缝隙接触时,它的磁通便流经还原磁头的铁芯,由于磁记录介质与还原磁头是作相对运动,因而还原磁头的绕组内便感生电动势,它随被记录信号的变化而变化.

磁记录可分为模拟和数字磁记录两大类.

录音、录相和精密记录等属于模拟磁记录.它不仅要求有足够大的信号噪音比,而且要求记录的信号和输入信号的线性关系好,也就是说,尽管磁记录介质的磁化曲线明显地是非线性的,但要求记录后磁介质的剩余磁化强度和输入信号成正比.要达到这个目的,在输入记录信号的同时加上一个交流偏磁场,它的频率

约等于被记录信号最高频率的5—10倍,但其振幅是恒定的,比信号电流的振幅大5—8倍。

磁盘和磁鼓等属于数字磁记录。它首先要将信号转换成二进制的“0”或“1”形式,记录后磁记录介质只有 $+I_r$ 或 $-I_r$ 两种剩余磁化状态。剩磁和输入讯号之间的线性关系对数字记录来说是不重要的。

模拟和数字磁记录的较详细原理可参阅文献[1]。

上面所谈的是纵向磁记录的简要原理。纵向磁记录是指记录后介质的剩余磁化强度的方向与磁层的平面平行[见图2(a)]。目前实用的磁记录都是使用纵向记录的方式。近年来由于不断缩短记录波长的需要, S. I. Iwasaki 等进一步研究了垂直磁记录的方式^[2]。这种方式是指记录后介质的剩余磁化强度的方向与磁层的平面垂直[见图2(b)]。

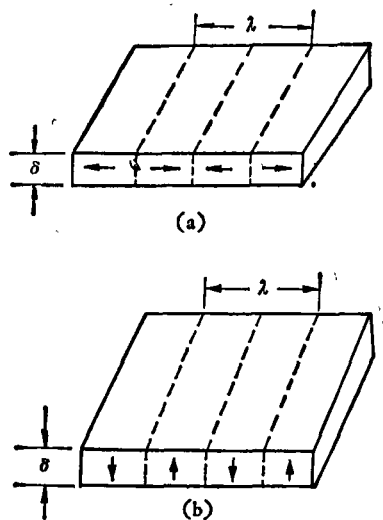


图2 纵向和垂直磁记录的磁化方式
(a) 纵向磁记录方式; (b) 垂直磁记录方式

图2中 λ 表示磁记录波长, H_d 是退磁场, δ 是磁介质的厚度。由图2(a)可以看出,对纵向磁记录,当 δ 为一定时, $\lambda \rightarrow 0$, 则 $H_d \rightarrow 4\pi I_r$, 即记录波长愈短, 自退磁的效应愈大。但对垂直磁记录[见图2(b)], 当 $\lambda \rightarrow 0$ 时, $H_d \rightarrow 0$, 即记录波长愈短, 自退磁的效应愈小, 因而可以提高记录密度^[2], 由于还要寻找更适合的

垂直磁记录材料, 写入和还原磁头等, 目前垂直磁记录尚处在实验性阶段。

记录介质大致有下列几种: (1) 透光和反光类如光学薄膜、打孔卡片、纸带、黑板和纸(包括书籍)等; (2) 磁性材料类如磁带、磁鼓、磁盘、磁卡、磁芯、磁膜、磁片和磁泡等; (3) 电荷器件类如半导体触发器、电荷耦合器件、静电记录管和超导元件等; (4) 振动传播类如延迟线路等。

在上述各类记录介质中, 磁记录材料具有较全面的优点: 它可以记录一切可以转换成电信号的信息; 价格便宜, 既可作模拟又可作数字记录; 记录后无需特殊处理就可以读出; 信号抹去后可以反复使用; 记录和读出的时标可以不同; 记录密度高; 信噪比高; 对机械的冲击或振动不灵敏等。在目前已有的记录介质中, 某些方面的性能优于磁记录介质是可能的, 但还没有一种全面性能优于磁记录介质的。因此磁记录介质广泛应用于广播、电视、电影、文化教育、科学研究、电子计算技术、地质勘探、资源卫星、资料数据保存、医疗、家庭娱乐和票证等各个领域, 是应用面最广、产值最高的磁性材料。从美国1967至1977年磁性材料市场的情况来看, 磁记录材料的销售金额比晶粒取向硅钢片的销售金额还要高出一倍以上^[3]。

二、磁记录材料的发展概况

磁记录材料发展的主要阶段的情况见表1, 从中可以看出国外磁记录材料发展的主要过程以及目前的情况^[4]。

由表1可以看出, 磁记录材料从开始到现在经历了由金属材料到氧化物, 又从氧化物向金属材料发展的过程, 几十年来一直采用纵向记录的方式, 已把记录波长缩短了一千倍左右。近年来为了进一步提高记录密度, 正大力开展垂直磁记录方面的研究工作。可见磁记录的历史虽较长, 但近二十年来, 仍然得到非常迅速的发展: 1963年记录波长 $\lambda \approx 5\mu\text{m}$; 1979年的记录波长 $\lambda \approx 0.7\mu\text{m}$, 缩短了约七倍; 预计磁记录今后还会继续发展。从磁带的产量看, 七

表1 磁记录材料发展的主要阶段

年 代	主 要 研 究 内 容
发展前期 (1900—1952年)	钢丝、磁带和磁鼓 (1) Fe_3O_4 磁粉涂在纸或醋酸纤维上做成的磁带 (~1935年); (2) $\gamma-Fe_2O_3$ 磁粉: $H_c = 50 \text{ Oe}$; $B_r = 100\text{G}$ (~1940年); (3) 针状 $\gamma-Fe_2O_3$: $H_c = 230\text{Oe}$; $B_r = 500\text{G}$ (非取向); $B_r = 1100\text{G}$ (取向) (~1947年); (4) 在磁鼓上电镀 Ni-Co-P 薄膜 (1952年)
1961年	CrO ₂ 单相合成过程
1963年	针状铁单畴磁粉做成的磁带: $H_c = 800\text{Oe}$; $B_r = 300\text{G}$ (试验品)
1960—1965年	掺钴 $\gamma-Fe_2O_3$ 磁粉: $H_c = 400—600\text{Oe}$, 是温度的函数
1965—1970年	不正分的 $\gamma-Fe_2O_3/Fe_3O_4$: $H_c = 400\text{Oe}$ (试验品和商品)
1965—1967年	真空蒸发金属薄膜: $H_c = 50—1000\text{Oe}$ (试验品)
1967年	CrO ₂ 磁带商品化: $H_c = 300—500\text{Oe}$; $B_r = 1500\text{G}$
1971—1974年	包钴 $\gamma-Fe_2O_3$: $H_c = 575\text{Oe}$; $B_r = 1500\text{G}$ (试验品和商品)
1974—1975年	针状金属粉涂在有织构片基上的垂直磁记录: $H_c = 1—3\text{kOe}$
1977年	CoCr 溅射膜, 垂直磁记录(试验品)
1978年	(1) 高矫顽力, CrO ₂ 磁带商品化: $H_c = 640\text{Oe}$, 720Oe
	(2) 针状铁单畴磁带(商品): $H_c = 1000\text{Oe}$; $B_r = 3400\text{G}$
1979年	真空蒸发 CoNi 膜磁带(商品)
1982年	片状钡铁氧体磁粉涂敷磁带, 作垂直磁记录试验

十年代以来, 国外磁带工业一直保持着以每年比上年多 20—30% 的速度增长。

总之, 近年来磁记录的发展异常迅速, 磁记录材料的种类不断增加, 质量不断提高, 应用范围愈来愈广, 产量不断增加。

三、磁记录的主要应用

磁记录的应用范围很广, 本文仅将其中的几个主要应用方面简要介绍如下:

1. 磁带^[1]

(1) 录音磁带

录音磁带的使用范围, 据不完全统计有无线电广播、塑料唱片的生产和电影录音、科学研究和数学计算过程、剧院音响效果的调配、宣传展览台的配音、电报的记录、电话和无线电通话、音乐的记录和播放、新闻采访等。

目前大多数无线电广播都是用磁带预先把

节目录好, 这样可以大大降低无线电广播的费用, 并能在不增加播音室的情况下扩大和丰富具有不同特点的节目, 此外还有可能在昼夜任何时间播送而不受其它限制, 并且便于节目交换。

用高质量磁带录音可以避免在压制唱片过程中, 从蜡膜复制成金属膜时部分地出现缺陷的困难。磁带在现代慢速立体声唱片制造中具有特殊的意义。

在电影技术中磁性录音在很大程度上取代了光学录音而获得了广泛的应用。因为光学录音需经过几小时化学加工印成光学声带后才能知道记录的结果, 而利用磁带录音在制片过程中立即就可纠正觉察到的缺陷, 并可极大地简化影片配音和译制过程。此外, 还改善了录音质量, 使电影中的立体声传输成为可能。

在发音学、鸟类学、动物学、医学和刑法学的科研及要求多次声音复制的其它科学部门

里,磁带都有很大的作用。录音磁带广泛应用于各种类型的录音机,尤其是在盒式录音机生产量显著增加以后,磁带的需要量不断上升.反过来这也大大促进了磁带的生产。

(2) 录相磁带

录相磁带最早用于广播电视,近年来出现了小型录相机,可用于各种工业部门,医学和其他科学技术领域,文化教育部门以及业余爱好者录相。录相已成为电视中心技术程序里不可缺少的部分。把图象预先录在磁带上,电视节目可以在演员演出时很方便地被录制下来,而以后任何时候都可以将其重放。录相有很大优越性,它可以把个别情节以高于或低于正常速度重放或暂时以静止状态重放出来,体育运动转播时就广泛利用了录相的这种特性。

(3) 计算机磁带

近年来许多科技部门迫切需把某一过程的各种原始、中间和最终数据及指令等全部存贮起来,并需以一定精度使其还原,这样的存贮器在电子计算机中已得到了广泛的应用,同已知的存贮方式如穿孔卡片、纸带、延迟线和专用电子束管等相比,磁带具有相当大的优越性。它可以使用多次,记录的容量大,并能较快地实现信息的记录和还原,记录的信息可以长时间保存而不发生变化。

(4) 精密记录磁带

遥测技术,不同延续时间的制动,弱信号的累积并使它们和干扰信号分离,飞机试验,卫星和宇宙飞船的飞行等都需要使用精密磁带记录。

由于磁带可以同时记录大量宽频带的信号和被记录信号的频率移动,磁带成了记录和分析振动现象的理想工具,它是研究飞机、火箭、舰船和汽车时的必要工具。

还有其它用途的磁带,如焊缝探伤仪用的磁带,打字机用的磁性染色带等,这里就不一一描述了。

2. 磁盘

磁盘存贮器自1957年研制成功之后,由于它具有容量大速度快的优点,现在计算机的外

部存贮设备中有磁盘存贮器逐步取代磁带机和磁鼓而成为主要的外围设备的趋势。从1966年IBM 2314磁盘问世到现在,在计算机的外部存贮设备中,磁盘一直稳固地占主要地位,成为计算机的重要而不可缺少的外部存储设备。其重要性表现如下:(1)在一部中型计算机的硬件系统中,磁盘存贮器的造价可占总造价的80%。在比较大的数据处理中心,磁盘驱动器的安装台数多至几十以至3—5百台,磁带机台数达几十台以至过百台,数字库中所保存的磁带可多达6—7万以至10—20万盘;(2)有好的磁盘机配备,加上好的操作系统可使整机的效率提高5—10倍。如无磁盘机,不仅效率低,而且许多应用和操作(如多用户和多任务的操作)根本无法进行,现在普遍认为,没有磁盘的计算机不是现代的计算机,而是五十年代的计算机。

磁盘可分为硬磁盘和软磁盘两大类。硬磁盘相对软磁盘来说,主要优点是存储的容量大和取数快。国外硬磁盘技术的发展非常迅速,单机容量或面记录密度都大致上每五年翻两翻,即提高四倍左右,目前达到的位密度为13000—15000 bpi,道密度为800—1000tpi,单轴容量为1250MB,单机容量为2500MB,甚至更大。

软磁盘是过去十年左右发展起来的,它工作可靠,操作方便,价格低廉,深受用户欢迎,并且性能不断提高,产量逐步增加,用途越来越广。软磁盘机是小型和微型计算机的重要外存储器,广泛用于各种终端的输入装置和智能终端机的辅助存贮器等。

1982年磁盘存贮器的订货高达五十亿美元,可见磁盘存贮器应用范围的广泛。

3. 录相唱片

录相唱片的主要特点是记录的信息密度高,一张直径为12英寸大小的录相唱片可以录制60分钟的彩色电视节目,可以代替2英寸宽1372米长的录相磁带(带速为15英寸/秒)所录制的节目。

录相唱片可以在几秒钟之内任意选出指定

的图象,同时可作快动作、慢动作和静止图象的表演,可大量复制,价格便宜,可用于电视广播、文化教育、军事训练、资料和数据贮存等。

4. 磁性卡片

磁性卡片是在纸或塑料软片、薄片表面上局部或全部涂复、印刷、复制或贴附磁性层而形成,按其不同用处可制成各种形状和尺寸的产品,使用的范围亦相当广泛,可用作购货卡、身份证、磁性车票、各种证券、音卡、简易保险收费卡、电子灶控制卡、现金卡片、信用卡、磁性存折、低速音卡和高速公路收费系统使用的公路通行证等。

总之,磁记录是一门历史较长但近来又发展异常迅速的科学技术,它的应用范围很广,在

我国的“四化”建设中无疑会起到重要的作用。

磁记录的发展和原材料的性能密切相关,需要多学科配合。为了适应我国“四化”建设和人民生活水平不断提高的需要,如何加速发展我国的磁记录科技工作和生产是一个很值得重视的问题。

参 考 文 献

- [1] Г. И. Брагинский, Е. Н. Тимофеев, *Технология Магнитных Лент*, Издательство «Химия» Ленинградское Отделение, (1974).
- [2] S. I. Iwasaki, Y. Nakamura, *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-13** (1977), 1272.
- [3] F. E. Lubosky et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **8** (1978), 318.
- [4] I. S. Jacobs, *J. Appl. Phys.*, **50**(1979), 7294.

生物电镜的应用及其前途

洪 涛 楚 雍 烈

(中国预防医学中心病毒学研究所)

电镜,这个观察微观世界的“眼睛”问世已经五十多年了,它把人类的视力带进了超微世界,为人们开辟了许多新的领域。生物学是研究生命的一个科学,它在现代科学中占有十分重要的位置,正在向分子水平的方向迅速发展。

生物学是使用电镜最多、而且受益最大的一个领域,是生物学得助于物理学的突出的事例。现已公认,生物学是电镜技术发展潜力最大的一个学科。

我国目前电镜的配备和电子显微技术的建立已初具规模,它们正在生物医学各个领域发挥着作用。为了交流经验,促进电镜技术的广泛应用,本文对电镜及其相关技术在生物学中的应用概况作了简要介绍,并举例介绍了我国生物学工作者应用电镜技术所取得的一些成绩。我们希望物理学工作者参加协作,

使电镜技术在生物医学中发挥更大的作用。有关电镜本身的原理、操作及生物学超微结构的详细内容,我们已写有专著“生物学超微结构与电镜技术”,此处不再赘述。

一、电子显微术及其在生物学中的应用概况

各类电镜的特点及应用见表1。

表1 各类电镜的特点及应用

电镜类型	主要特点	主要用途
透射电镜 (TEM)	1. 电子束透过样品成象,要求超薄切片,负染和复型; 2. 分辨率高; 3. 视场较小,样品制作繁	应用广,主要观察生物样品某部位的切面或断面的超微结构