

## 光电子技术(25)

### 2、双振荡参量振荡器

指信号和闲置光同时满足振荡条件，实现振荡放大。

#### 四、光参量振荡器的阈值条件

设谐振腔输出耦合端镜的反射率分别为 $R_i$ ， $R_s$ ，并假设耦合输出损耗远大于腔内的其它损耗，则双参量振荡器的损耗为：

$$\alpha = 2 - R_i - R_s$$

当增益刚好补偿损耗时，对应的泵浦功率即为阈值泵浦功率。所以阈值泵浦功率密度由下式决定。

$$2 - R_i - R_s = G = \sinh^2(\Gamma L) \approx \Gamma^2 L^2$$

## 光电子技术(25)

因 
$$\Gamma^2 = \frac{16\pi^2 \omega_s \omega_i d^2}{n_i n_s c^2} |E_p(0)|^2 = \frac{128\pi^3 \omega_s \omega_i d^2}{n_i n_s n_p c^3} P_p$$

所以，

$$(P_p)_{th} = \frac{n_i n_s n_p c^3}{128\pi^3 \omega_s \omega_i d^2} \frac{2 - R_s - R_i}{L^2}$$

### 五、参量振荡器的频率调谐

相位匹配条件： $\omega_p n_p = \omega_s n_s + \omega_i n_i$

当采用一类匹配  $e_p \rightarrow o_s + o_i$

旋转晶体，改变泵浦光的入射角，则 $n_p$ 变化。受上式的相位匹配条件约束， $\omega_s$ 和 $\omega_i$ 做相应变化，实现了参量振荡波长的调谐。



## 光电子技术(25)

### § 6.7 频率上转换

频率上转换可以实现把低频、长波激光转换为短波激光。如红外激光转换到可见光。

光学倍频是光学上转换的特例，即“简并”上转换。

此外，光学上转换在红外信号探测方面也具有重要应用价值，因为红外光探测热噪声大，所以，通过光学上转换可将红外光信号转换到可见光波段探测。

光学频率上转换又称“和频”，它是光学参量过程的逆过程。可以完全按光学参量过程设计晶体的相位匹配，然后，将要上转换两个低频光分别作为信号和闲置光输入，就能获得和频光。所以不再重复讲述和频晶体的相位匹配设计。



## 光电子技术(25)

### 实现任意波长激光产生的方案举例

有800nm中心波长的强飞秒脉冲激光源，如80fs脉宽，脉冲能量5mJ。

- 1、产生400nm激光？ 一次倍频
- 2、产生266.6nm激光？ 一次倍频 + 一次和频
- 3、产生500nm激光？ 一次参量产生1000nm + 一次倍频或  
一次参量1333.3nm+和频(1333+800)
- 4、产生1200nm近红外激光？ 一次参量放大（2400nm闲置光）
- 5、产生4000nm中红外激光？ 一次参量放大(1000nm闲置)



## 第七章 信息存储技术

信息存储技术指保存信息在介质上的技术。通过信息存储，可以保留、编辑和处理信息。

信息存储的分类：

按信息的表示方式，可分为模拟存储和数字存储。

按记录介质分，可分为磁存储和光存储。

按信息的写入方式分，可分为磁记录、光记录和磁光记录。

### § 7-1 模拟磁记录



模拟磁记录主要使用在早期的模拟计算机，磁带录音、录象机中。它使用磁记录介质的不同磁化程度来表示信息的大小。

#### 一、模拟磁记录系统结构

模拟磁记录系统通常由三部分组成：磁头，记录介质和介质传输系统。

1、磁头：是电磁转换元件，依据电磁感应原理，将电流信号转换为磁场。其结构如图128所示。磁芯材料通常为高磁导率、高饱和磁通的软磁材料。线圈中通电流 $I$ ，在磁芯中产生的磁感应强度 $B$ 为：

$$B \propto \mu_r NI$$

式中 $\mu_r$ 为软磁材料的相对磁导率。 $N$ 为安匝数，即线圈匝数的线密度。☞☞

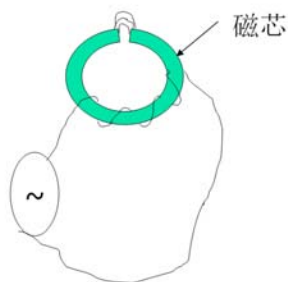


Fig.128 环形磁头结构示意图

## 光电子技术(25)

磁环的开口称为气隙。在气隙处有磁场漏出，正是利用此漏出磁场磁化记录介质，实现信息写入。

2、磁记录介质：通常为带状，在塑料基片上涂敷硬磁材料粉末。

软磁材料：指矫顽力 $H_c < 1\text{A/m}$ 的磁性材料。它通常用于磁头和电磁铁的制作。 $(1\text{Oe} = 10^3/4\pi \text{ A/m} = 79.6\text{A/m} \approx 80\text{A/m})$

硬磁材料：指矫顽力 $H_c > 10^4\text{A/m}$ 。通常用于记录材料。

矫顽力 $H_c$ ：指材料的饱和磁滞回线中 $M=0$ 时所对应的磁场强度 $H$ 。

3、介质传输系统：俗称卷带系统，它使磁带匀速运动，将随时间变化的电流信号转化为随空间位置变化的磁化强度变化。

模拟磁记录系统的结构如图129所示。

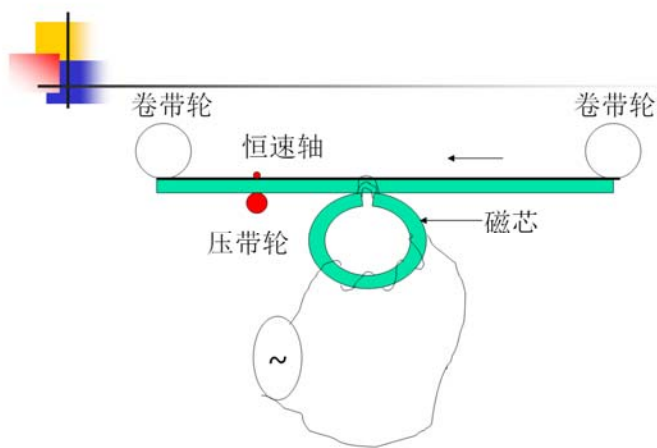


Fig.129 模拟磁带记录系统结构示意图

## 光电子技术(25)

### 二、模拟磁记录原理

利用硬磁材料在磁场中能够被磁化，并且磁化强度正比于外磁场的强度，而外磁场去除后，介质磁化能够保留的特点实现磁记录。保留的剩磁感应强度 $B_r$ 正比于磁化强度。这种特性称为磁介质的记忆特性。记忆特性曲线通常如图130所示。理想的记忆特性曲线应该为直线。

#### 1、无偏磁记录

无偏磁记录指直接使用信号电流驱动磁头产生磁场磁化记录信息。如图130所示，由于记忆特性曲线在低磁场和高磁场区的非线性，使信号失真，灵敏度也较低。如图131所示。

#### 2、直流偏磁记录

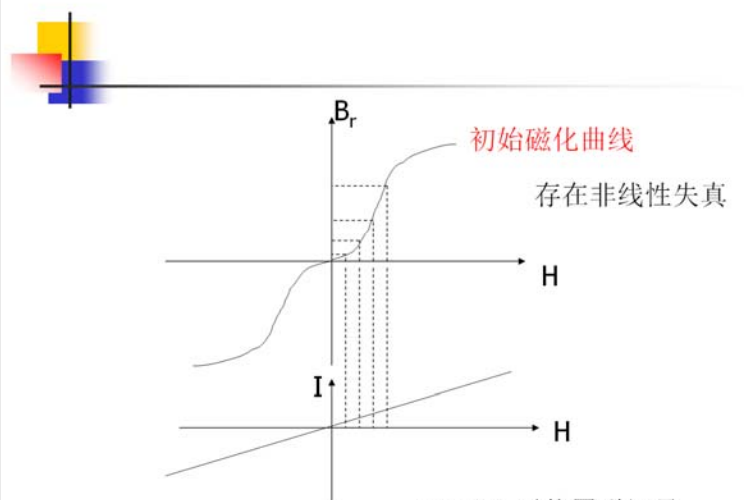


Fig.131 无偏置磁记录

## 光电子技术(25)

直流偏磁记录指在记录电流信号上叠加直流偏置电流。将工作点移至线性区。具体有两种记录方式：单极记录法和双极记录法。

1) 单极记录法：设置直流偏置电流，使零点在初始磁化曲线的线性工作区的中心，如图132所示。磁头上施加电流为： $I_0+i(t)$ ，前者为直流偏置电流。

这种偏磁记录的缺点是动态范围小，只使用了记忆特性曲线的单侧。

2) 双极记录法：使用强磁场使介质正向饱和磁化，在介质中留下最大剩磁。然后，利用磁滞回线的反向过零点的线性段进行磁记录。如图133所示。磁头上施加电流为： $-I_c+i(t)$ ，前者为直流偏置电流。它产生的磁场刚好克服矫顽力。

这种方法的特点是动态范围大，信噪比高。灵敏度也比第一种方法

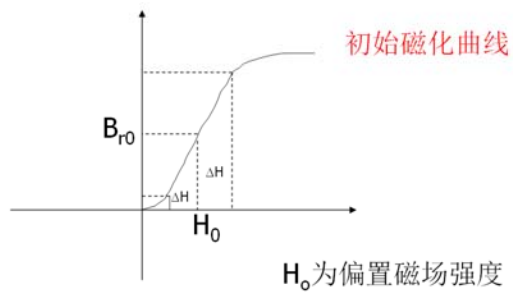


Fig.132 单极直流偏置磁记录法

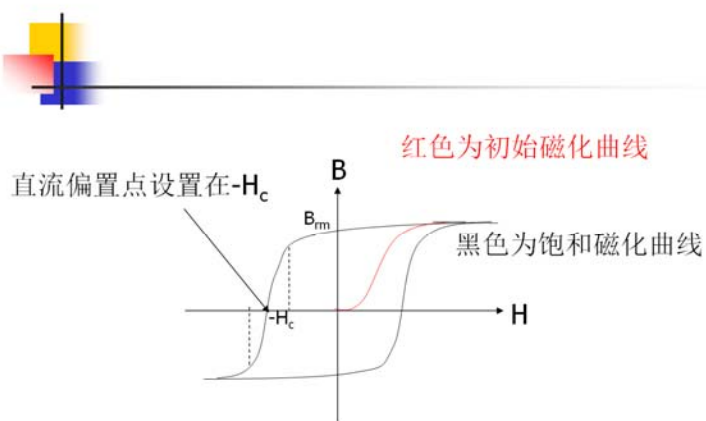


Fig.133 双极磁记录法。

## 光电子技术(25)

高，因为磁滞回线的斜率大于初始磁化曲线的斜率。

### 3、交流偏磁记录

交流偏置磁记录是将电流信号与超音频电流信号叠加，一起施加在磁头上。超音频电流信号的幅度是信号电流幅度的3-5倍，频率为音频信号频率上限的5-10倍。由于超音频强偏置信号的迅速变化，使磁介质中任何点通过磁头气隙时，都会经历多个周期的交替磁化，相当于交流擦除，结果使记录介质无磁滞效应，改善了记录介质磁化特性曲线的性能，包括线性和灵敏度，如图134所示。至于这种改善的机理，目前尚不完全清楚。图135所示为介质磁化的实验测量结果。

交流偏磁记录技术目前已在音频模拟记录中得到广泛应用，极大

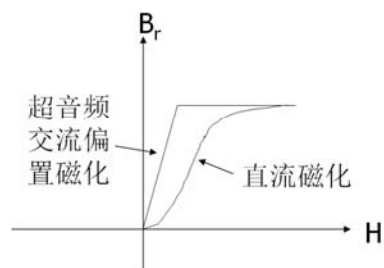


Fig.134 直流和超音频交流偏置磁化曲线



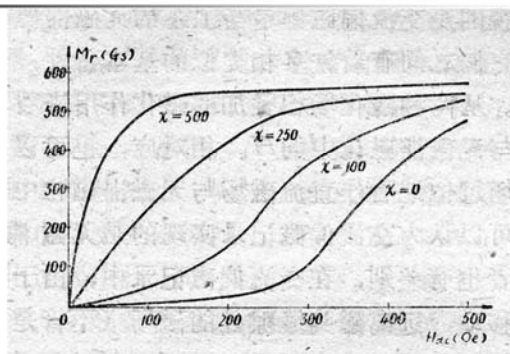


Fig.135 交流偏磁磁化曲线的实验结果， $\chi$ 为交流偏磁的最大幅度。

## 光电子技术(25)

地提高了信噪比、灵敏度和信号保真度。

### 三、信号的擦除

磁记录是一种可擦除、重写的记录方式。擦除方式有多种，取决于磁记录的方式。

#### 1、直流擦除（抹音）法

这种擦除法就是利用强磁场将记录介质磁化到饱和状态。此擦除法适合于第二种直流偏磁记录法，擦除时的饱和磁化方向与记录时的直流偏磁方向相反。

#### 2、交流擦除法

此擦除法利用高频(40-200KHz)、幅度逐渐衰减的磁场磁化介质，达



## 光电子技术(25)

地提高了信噪比、灵敏度和信号保真度。

### 三、信号的擦除

磁记录是一种可擦除、重写的记录方式。擦除方式有多种，取决于磁记录的方式。

#### 1、直流擦除（抹音）法

这种擦除法就是利用强磁场将记录介质磁化到饱和状态。此擦除法适合于第二种直流偏磁记录法，擦除时的饱和磁化方向与记录时的直流偏磁方向相反。

#### 2、交流擦除法

此擦除法利用高频(40-200KHz)、幅度逐渐衰减的磁场磁化介质，达



## 光电子技术(25)

到抹去记录信息的目的。

擦除磁头的设计比较特殊，它产生的磁场强度中心最强，向两端逐渐衰减到零，如图136所示。当记录介质上一点由磁隙端部进入磁隙中心时，在高频磁场作用下，磁化逐渐增强，到中心磁化最强。再从中心到另一端时，磁化又逐渐减弱，直至剩磁为零。如图137所示。

### 四、信号读出

信号的读出利用电磁感应原理。读磁头的结构与记录磁头的结构类似，事实上早期的模拟系统中写头和读头二合一，为同一个头。当读头接触到匀速运动的记录带时，记录带上的剩磁感应强度变化会在磁隙中引起磁通变化。由电磁感应定理，磁通变化会在线圈中引起感生电压变化。如图138所示。

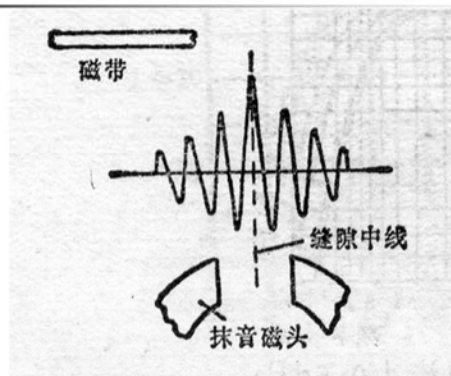


Fig.136 抹音磁头结构及磁场分布

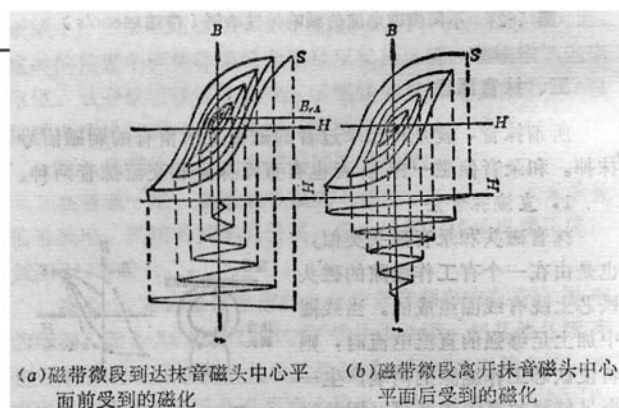


Fig.137 高频擦除(抹音)过程

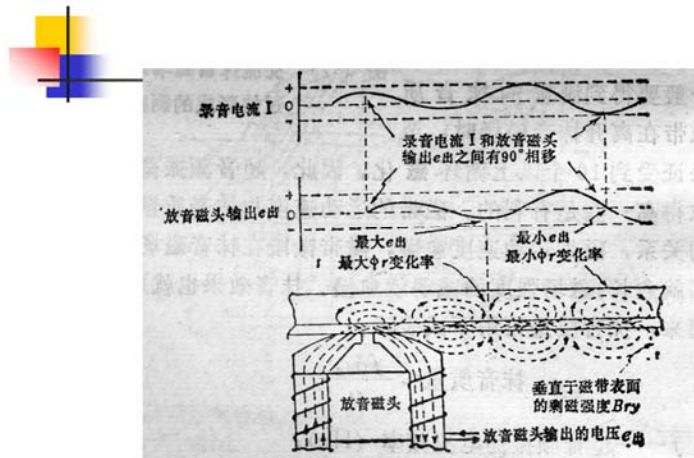


Fig.138 磁读出原理

## 光电子技术(25)

由于读出信号正比于记录带上的剩磁感应强度的变化率，而不是剩磁感应强度，所以，读出信号与记录信号间存在90度相位差。

### 五、磁头

磁头分类：

按磁记录的模式分：磁头可分为垂直磁记录 and 纵向磁记录头。

按磁头和介质的相配合位置分：可分为单侧型磁头和双侧型磁头两类。

环形磁头的性能要求

#### 1、磁性能

1) 软磁材料具有高的磁导率，十分小的剩磁和矫顽力，高的饱和磁



## 光电子技术(25)

感应强度。

2) 自身能量损耗要小, 因此, 材料应具有低的磁滞损耗、涡流损耗和剩余损耗。

3) 具有高的居里点。磁导率随温度变化平缓, 以免铁心损耗和摩擦升温而改变磁头工作性能。

4) 磁致伸缩效应小。

5) 磁头应具有良好的电磁屏蔽。

### 2、电性能

1) 磁头中线圈匝数应为最佳值, 减小电感和寄生电容, 提高磁头



## 光电子技术(25)

的响应频率。它的频率上限为:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

2) 磁头阻抗应和电子放大器的阻抗匹配。

3) 磁头应具有良好的电绝缘性。

### 3、机械性能

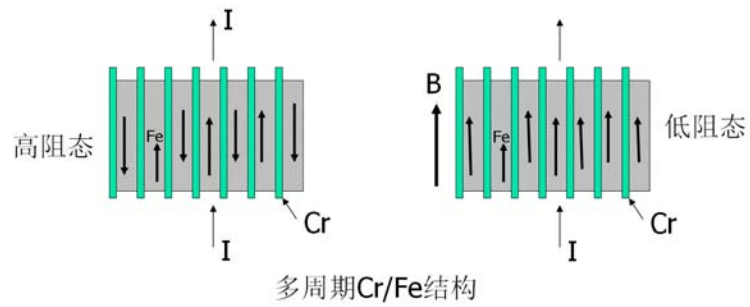
1) 材料应具有良好的加工性能。

2) 好的耐磨性能。

3) 好的机械稳定性能。

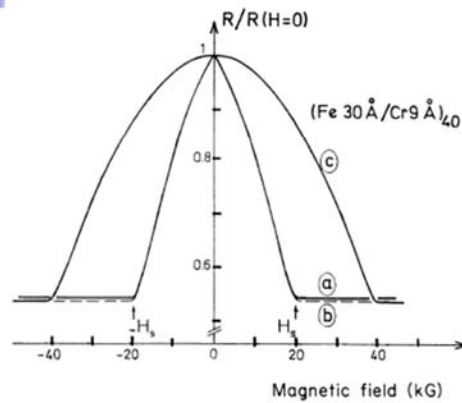
# 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM

## 1、巨磁阻（GMR）效应



PRL 61, 2472 (1988), PRB 39, 4824(1989)

# 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM



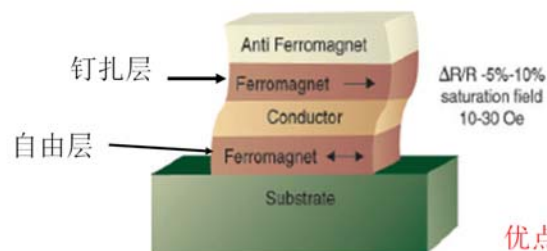
有无外磁场下，  
电阻变化达40%  
以上。所以称为  
巨磁电阻效应

缺点：不能确定磁场方向

## 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM

### 2、自旋阀(SV)

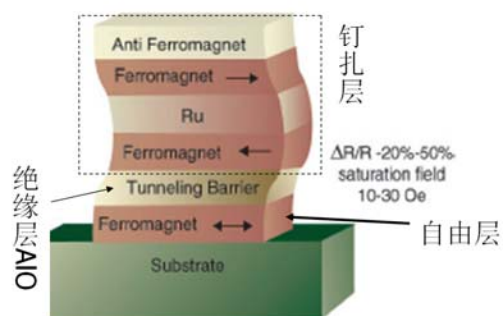
对GMR的改进。结构如图所示。引入钉扎层，能够判断磁场方向。



优点:能够判断磁场方向

## 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM

### 3、磁隧道结

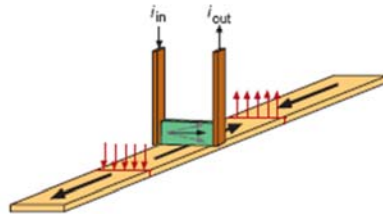


目前的磁电阻变化在40%多，在室温



## 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM

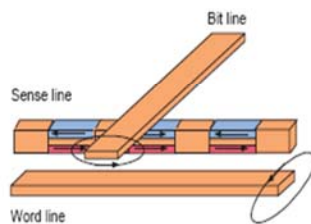
### 4、自旋阀磁读出



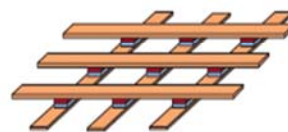
目前报道的灵敏度大于 $1\%/Oe$ ，远高于传统的电磁感应磁头。使计算机硬盘的存储密度在过去10年提高了1000余倍。

## 高灵敏自旋阀磁读头与MRAM

### 5、磁随机访问存储器（MRAM）



基于SV的MRAM结构



基于MTJ的MRAM结构

目前已报到16MBs的MRAM，它具有EEPROM的功能，但速度快近1000倍。断电信息不丢失（nonvolatile）。预计MRAM市场的年产值达1000亿美元。





## 复习要点

- 1、参量振荡器的结构、频率调节？
- 2、信息存储技术的分类？
- 3、模拟磁存储系统的结构？
- 4、磁存储原理、无偏磁、直流偏磁和交流偏磁存储技术？
- 5、信号的擦除、读出原理？



## 作业25

- 1、模拟磁记录原理？
- 2、无偏磁记录、直流偏磁双极记录、交流偏磁记录原理、特点？

