

高精度调焦系统

俞佩珍 曹沛其

(上海市激光技术研究所)

摘 要

本文介绍一套跟踪精度达一微米的非接触自动跟踪系统,这种系统在光盘存储等领域是必不可缺的。

一、引 言

七十年代,光盘存储系统在国外迅速发展起来。该系统的主要特点是信息存储密度高,在一张直径300毫米的光盘上可存储 10^{10} 比特以上的信息量,此外信息的存入和读出是利用激光在光盘上扫描完成,为无磨损型。

为了达到足够高的信息存储密度,光盘上激光光斑的直径一般小于一微米。

使用单模(TEM_{00})强度为高斯分布的激光时,对于焦点偏离不同位置处的光束直径 $d(z)$ 可从下式得到^[1]:

$$d(z) = \left[d_0^2 + \left(\frac{4\lambda z}{\pi d_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中 λ 为激光波长(氦氖激光的波长为0.63微米), d_0 为束腰处的光束半径($1/e^2$), z 为光盘相对束腰的偏离。由上式,当光束直径增加10%时,焦点偏离一微米左右。因此,要求光盘相对激光束腰的偏离不超过一微米,以保证在光盘上写入和读出信息时激光光斑的直径基本不变。

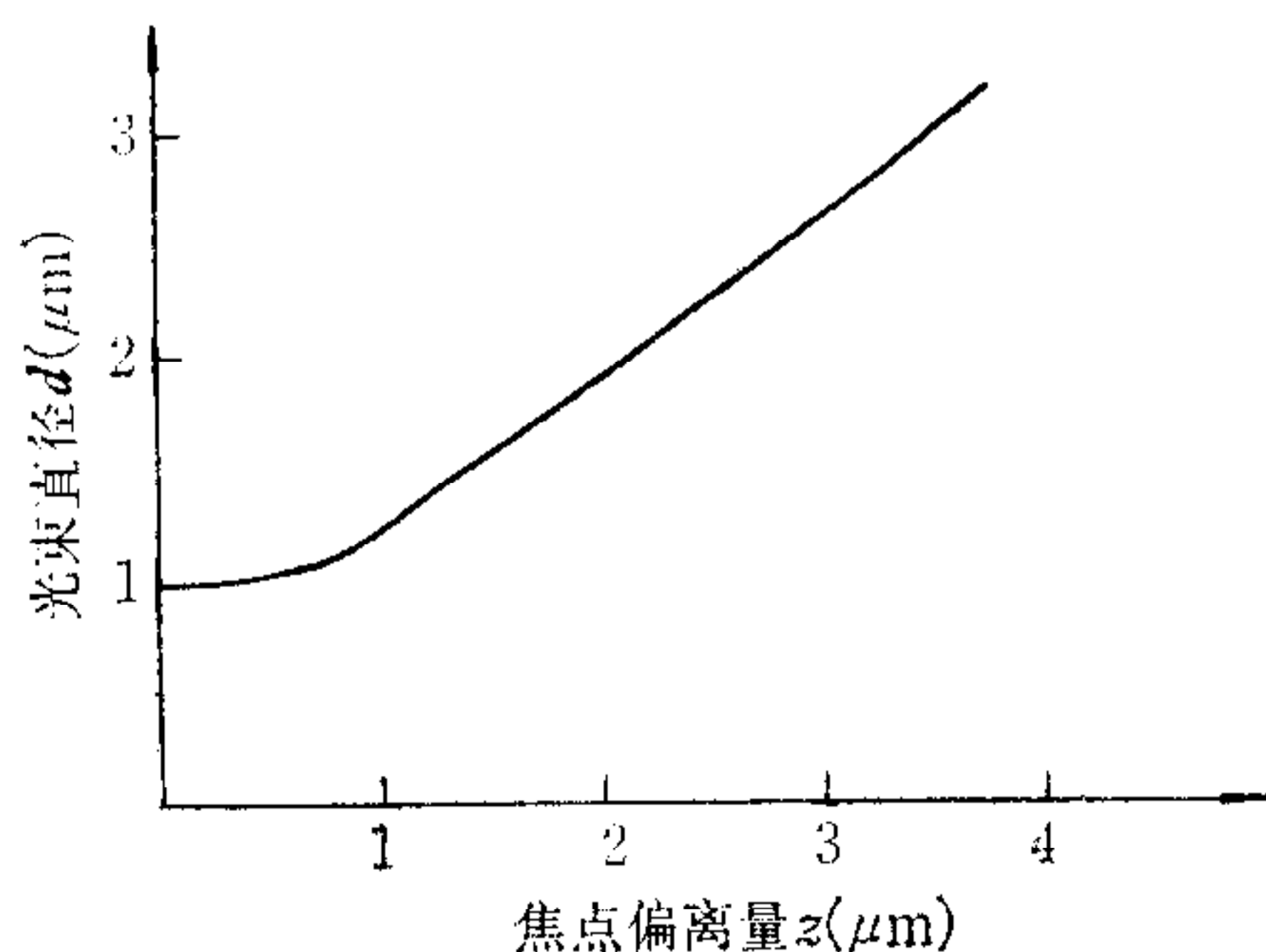


图1 相对于焦点偏离的光束直径

在这类读出和写入系统中，光盘是安放在旋转着的马达上，由于马达的轴向窜动和光盘本身不平度等原因，光盘表面相对于激光束的聚焦物镜晃动量为 100 微米到 500 微米。这样，为了达到聚焦物镜对光盘表面跟踪的精度在一微米之内，需要一套误差校正比超过 500:1 的自动跟踪系统。

二、系统总体介绍

上海激光技术研究所研制的自动调焦装置为如图 2 所示的闭环系统，其开环增益超过 60 db。用响应迅速的光路系统检测的调焦误差信号，经电子控制线路处理后驱动本系统的执行元件——音圈电机，由音圈电机带动聚焦物镜跟踪晃动着的光盘表面。

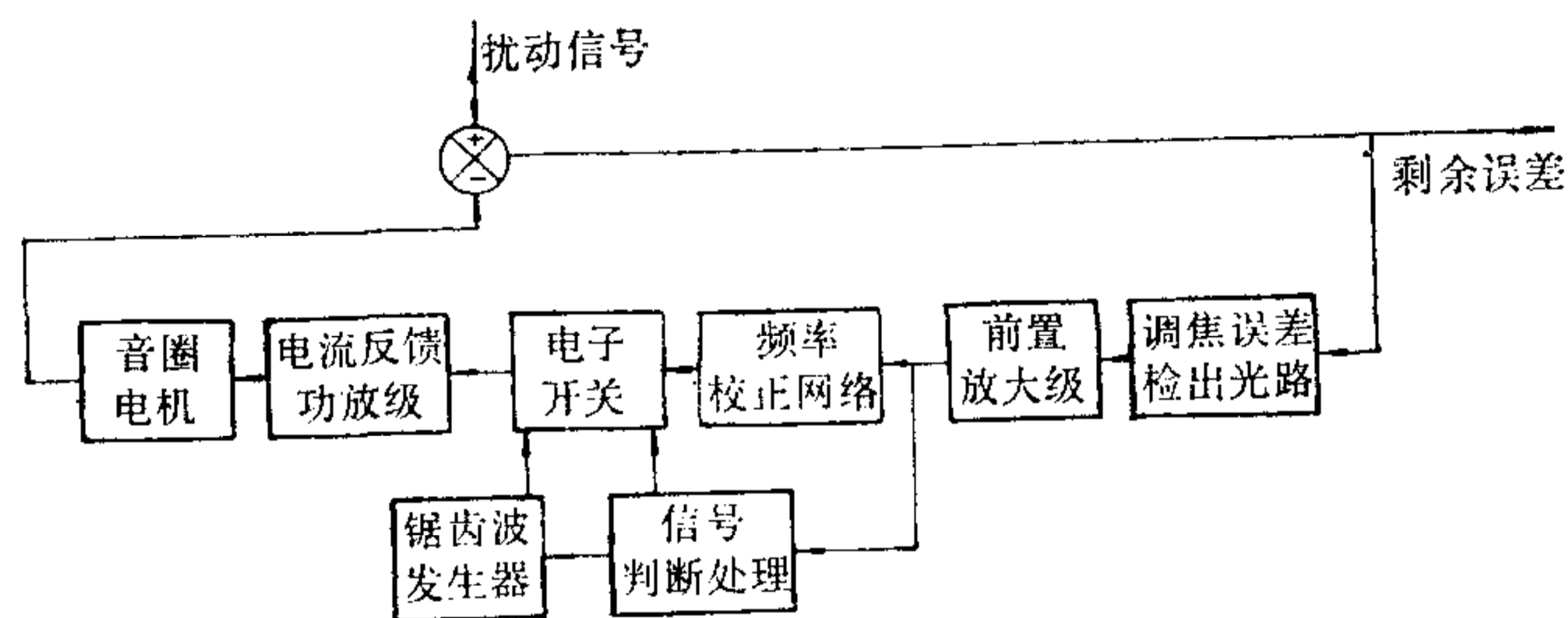


图 2 自动调焦系统总框图

在电子开关导通时，设从调焦误差检测光路一直到音圈电机的传递函数的积为 $F(s)$ ，其特征方程式即为

$$1 + F(s) = 0.$$

只要该方程式的根的实数部分全为负，系统就不会振荡。

测量光束焦点与光盘表面的距离，即调焦误差，是通过称为“柱透镜象散法”的光学系统实现的，其光路图如图 3 所示。

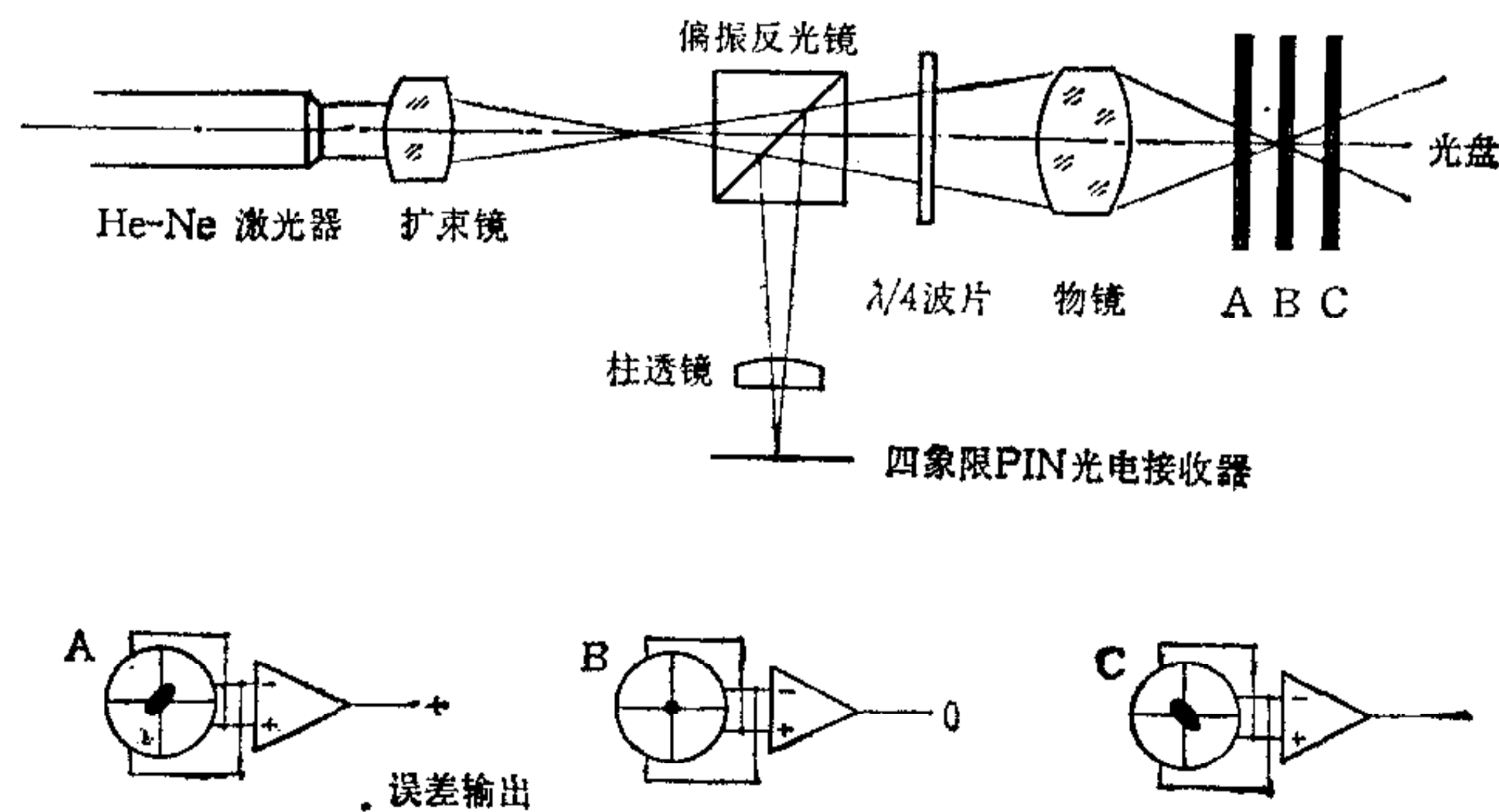


图 3 调焦误差检测光路

氦氖激光器射出的激光是偏振光，光束透过偏振反光镜射到光盘后，其反射光被偏振反光镜反射，聚焦光束在光盘表面前后失焦时，四象限光电接收器上形成的光斑为长轴

方向不同的椭圆。光信号经光电接收器转换成电信号，由前置放大器将相对面二象限的电流求和后再与另外二象限的电流和进行差分运算，即可得到反映光束焦点与光盘表面距离的电信号。采用这种方法，光盘表面位置相对聚焦光束焦点偏离量与前置放大级输出的误差电压关系如图 4 所示。

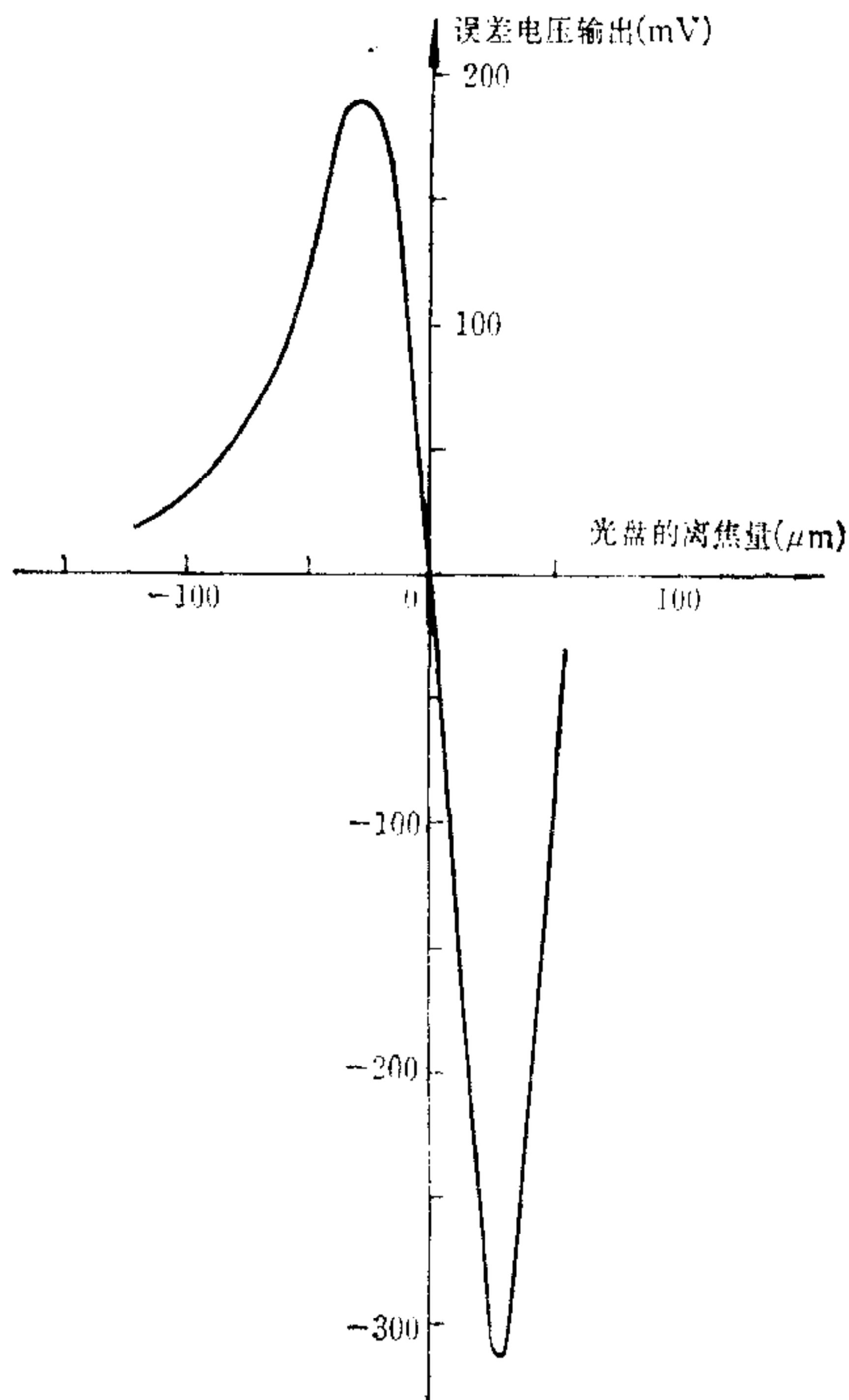


图 4 调焦误差曲线

从图 4 中可看到，只有在中间大约 20 微米的区域中系统才能正常进行负反馈控制，其误差电压才能确切反映光束焦点的偏离量。在这个区域中，焦点每偏离一微米，误差电压变化 13 毫伏。

本系统的执行元件——音圈电机，其结构如图 5 所示。

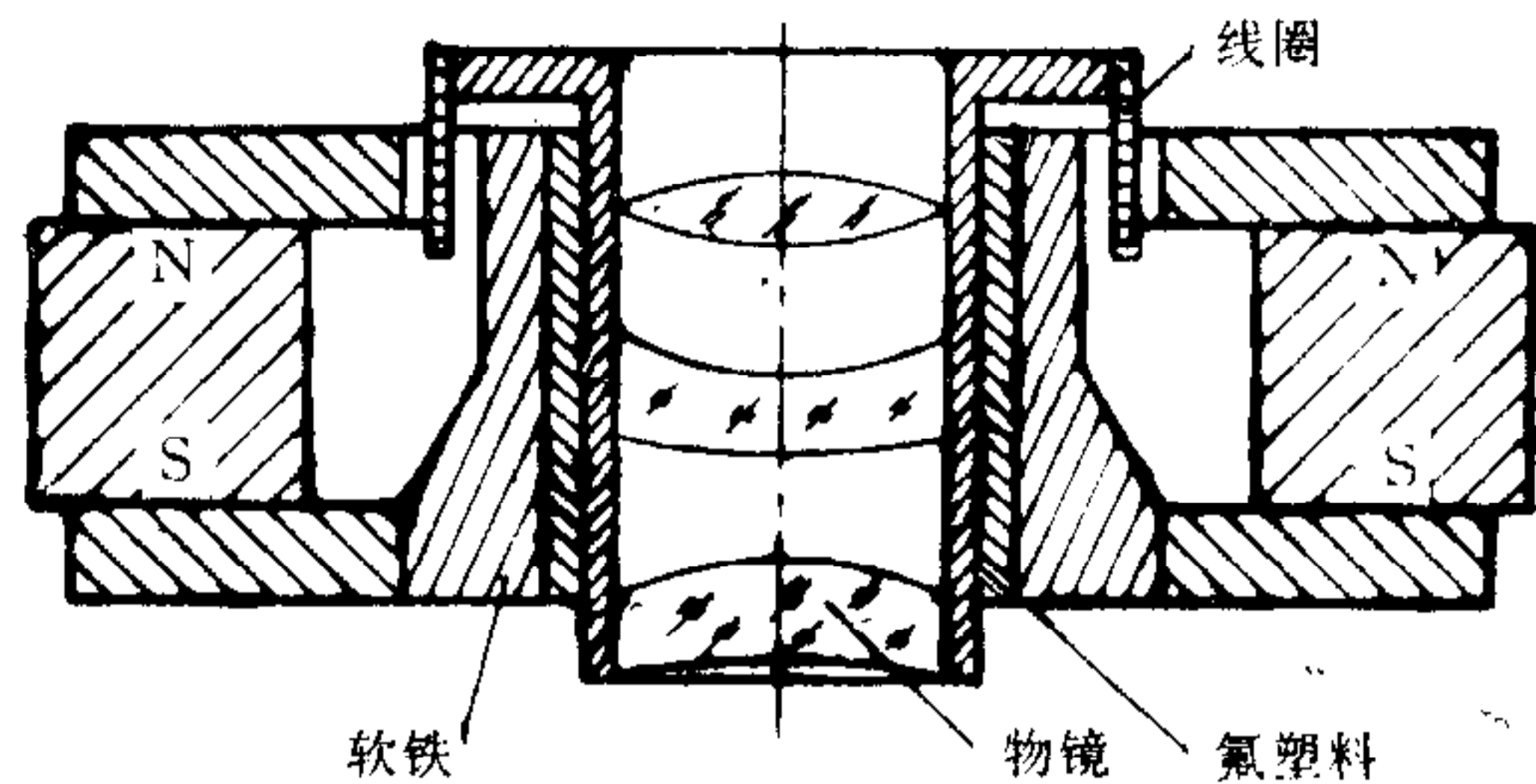


图 5 音圈电机结构原理图

永久磁铁产生的磁力线由软铁引导，穿过和显微物镜圆筒连成一体线圈，当线圈中有电流通过时就会受到磁场力的作用，带动显微物镜上下运动，活动部与固定部之间用氟塑料来减小摩擦。线圈中无电流流过时，显微物镜就会落到重心最低的位置。因此工作时，驱动电源必须先把音圈电机驱动到工作位置。

为了改善系统的开环频响特性，在电子控制线路中除了采用超前补偿网络外，还在功放级采用了电流反馈，以克服因音圈电机线圈的电感特性造成的电流对电压的滞后。这个电流反馈系统的开环增益超过了 80db。这样，在频率一千周之内线圈上电流相对电压的相位滞后小于 5° 。

开始工作时，显微物镜必须从光盘表面退缩到较安全的位置，以保证光盘放入时不碰坏光盘表面。在频率校正网络和功放级之间装了一套电子开关，光盘表面未进入伺服区时，锯齿波发生器的信号通过功放推动音圈电机搜索可伺服区，进入后信号处理线路能进行判断并控制电子开关阻断锯齿波信号并使系统闭环，进入正常的自动跟踪状态。

三、系统的性能

1985 年 10 月，上海激光技术研究所研制的光盘录放装置在上海科委的主持下通过

了鉴定。在这套光盘录放装置的录入部分和读出部分各有一套自动调焦系统，激光通过这套自动调焦系统能从外径 300 毫米、每秒 2.5 转的光盘上读写三万多条轨迹的信息。鉴定测试小组对自动调焦系统的性能进行了测试，光盘表面的晃动量由读数显微镜测得为 0.5—0.6 毫米。不同晃动频率时系统自动跟踪后的剩余误差如表 1 所示：

表 1 不同频率扰动下的跟踪精度

频 率 (Hz)		1	2	5	8	12	16	20
剩余误差	误差电压 (mv)	8	8	8	8	9	12	13
	跟踪精度 (μm)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.69	0.92	1.0

这套系统已在光盘存储装置上满意地工作了二年，开机后显微物镜即开始自动搜索，使焦点落到光盘表面后即开始自动跟踪，进入伺服调焦状态，工作稳定可靠，使用也很方便。

参 考 文 献

- [1] Vernon J. Fowler, Laser Scanning Techniques, SPIE. 53, P.30.

A HIGH PRECISION FOCUS SYSTEM

YU PEIZHEN CAO PEIQI

(Shanghai Institute of Laser Technology)

ABSTRACT

A non-contact automatic tracking system is introduced and its precision is up to one micrometer. This kind of system is necessary in the field of optimal disk storage system.