

吴耕 主编

激光头

组件

维修技术

JiGuangTouZuJian

上海科学普及出版

WEIXIUTECHU

前 言

《激光头组件维修技术》一书是根据当前国内大量使用的 CD 唱机、VCD 视盘机(包括超级 VCD 视盘机)、DVD 视盘机和 LD 影碟机的最易损元件激光头组件的维修进行编写。

本书第一章概述了激光管和激光头组件大体的种类、应用。

第二章着重介绍各类唱机、视盘机和影碟机的激光头组件的结构、应用和分类。并针对每个机种列举典型应用产品的工作过程,以便读者了解激光头组件的工作原理。

第三章介绍激光头的拆卸和安装。详细地用图示方法进行说明,这样可使读者在拆卸和安装时有一个参考,方便初步进入维修领域的读者对照。

第四章为激光头组件维修技巧。介绍了激光头表面、内部光学路径的清洁方法;机芯结构的清洗和加油;激光管的损坏判断;激光管的更换方法等。由于不少激光头组件损坏是可修复的,所以特别对可修复的部分作了一系列详细介绍,以提高维修的水平。

第五章列举了 50 例激光头组件、机芯方面的故障。为了触类旁通、举一反三,在故障后面写入了作者的故障分析的体会,供读者参考。

最后还增加了两个附录,附录一为影碟机激光头组件互换表,供更换、购买时参考。附录二是 VCD 视盘机、CD 唱机和 LD 影碟机等自检表和错误码表,读者可根据屏面和机上显示的误码内容,查表就知道故障所在。

全书的编写参考了索尼、松下、日立、先锋、夏普、东芝等公司编写的维修资料,以及国内新科、先科、万利达、爱多、厦新等厂家的有关资料,在此一并表示感谢!

参加本书编写的还有:沈兵、王锦华、杜根源、余耘、沈工、陈龙、吴雁宾等同志。

由于编者的水平有限,所以书中错误之处在所难免,请读者不吝指正。

编者

2001.3

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 激光管介绍	(1)
一、半导体激光器	(1)
二、普通型激光二极管	(3)
三、全息照相复合激光管	(5)
第二节 激光头基本工作原理	(6)
一、激光头的基本结构	(6)
二、碟片上信息的读取	(7)
三、聚焦基本原理	(8)
四、循迹基本原理	(11)
第三节 激光头组件	(12)
一、轴向滑动型物镜组件	(13)
二、4 线型物镜组件	(13)
三、模压铰链型物镜组件	(14)
四、激光枪结构	(14)
第二章 激光头组件的结构和应用	(17)
第一节 CD 唱机激光头组件的结构和应用	(17)
一、CD 唱机激光头组件结构	(17)
二、CD 唱机激光头组件分类	(21)
三、CD 唱机激光头组件典型应用工作过程	(27)
第二节 VCD 视盘机激光头组件的结构和应用	(36)
一、VCD 视盘机激光头组件结构	(36)
二、VCD 视盘机激光头组件的分类	(38)
三、VCD 视盘机激光头组件典型应用工作过程	(43)
第三节 DVD 视盘机激光头组件的结构和应用	(50)
一、DVD 视盘机激光头组件结构	(50)
二、DVD 视盘机激光头组件的分类	(59)
三、DVD 视盘机激光头组件的典型应用工作过程	(60)
第四节 LD 影碟机激光头组件的结构和应用	(68)
一、LD 影碟机激光头组件结构	(68)
二、LD 影碟机激光头组件分类	(72)
三、LD 影碟机激光头组件典型应用工作过程	(73)
第三章 激光头组件的拆卸与安装	(85)
第一节 CD 唱机激光头组件的拆卸与安装	(85)
一、单碟 CD 唱机激光头组件的拆卸	(85)

二、单碟 CD 唱机激光头组件的安装	(88)
三、三碟 CD 唱机激光头组件的拆卸	(89)
四、三碟 CD 唱机激光头组件的安装	(93)
五、随身听(便携式)CD 唱机激光头组件拆卸	(94)
六、随身听 CD 唱机激光头组件安装	(96)
第二节 VCD 视盘机激光头组件的拆卸与安装	(97)
一、单碟 VCD 视盘机激光头组件的拆卸	(97)
二、单碟 VCD 视盘机激光头组件的安装	(98)
三、便携式 VCD 视盘机激光头组件的拆卸	(98)
四、便携式 VCD 视盘机激光头组件的安装	(99)
五、三碟 VCD 视盘机激光头组件的拆卸	(103)
六、三碟 VCD 视盘机激光头组件的安装	(103)
第三节 DVD 视盘机激光头组件的拆卸与安装	(104)
一、DVD 视盘机激光头组件的拆卸	(104)
二、DVD 视盘机激光头组件的安装	(108)
三、便携式 DVD 视盘机激光头组件的拆卸	(108)
四、便携式 DVD 视盘机激光头组件的安装	(111)
第四节 LD 影碟机激光头组件的拆卸与安装	(112)
一、单面播放 LD 影碟机激光头组件的拆卸	(112)
二、单面播放 LD 影碟机激光头组件的安装	(112)
三、翻碟 LD 影碟机激光头组件的拆卸	(114)
四、翻碟 LD 影碟机激光头组件的安装	(116)
第四章 激光头组件维修技巧	(118)
第一节 激光头组件光学结构清洁	(118)
一、激光头组件外表、物镜清洁方法	(118)
二、激光头组件光学路径清洁	(119)
三、不拆卸激光头组件清洁光学路径方法	(120)
第二节 激光头组件的机械传动机构清洁和加油	(121)
一、激光头组件转动机械的清洗和加油	(121)
二、激光头组件移动机械的清洗和加油	(122)
第三节 激光头组件损坏的判断	(122)
一、激光头组件损坏现象综述	(122)
二、激光头组件外形损坏判断	(125)
三、激光管损坏判断	(127)
四、聚焦、循迹线圈损坏判断	(129)
五、进给机构损坏判断	(129)
六、主轴电机损坏判断	(130)
第四节 激光管的更换方法	(131)
一、激光管的更换防静电法及注意事项	(131)
二、CD 唱机、VCD 视盘机激光管的更换与调整	(131)

三、LD 影碟机激光管的更换与调整	(133)
第五章 激光头组件故障实例分析	(136)
第一节 激光头组件正常动作和状态分析	(136)
一、单碟 CD 唱机、VCD 视盘机和 DVD 视盘机开机加载时激光头组件应有的各动作和状态	(136)
二、多碟 CD 唱机、VCD 视盘机开机加载时激光头组件应有的各动作和状态	(137)
三、LD 影碟机开机加载时激光头组件应有的各动作和状态	(138)
第二节 激光头组件故障实例分析	(139)
一、激光管老化和损坏类故障	(139)
1. 主轴电机不转不读碟	(139)
2. 主轴电机速度不稳不读碟	(140)
3. 主轴电机转速过快,但激光头不损坏	(141)
4. 飞利浦机芯激光头未损坏但不读碟	(142)
5. DVD 视盘机不读碟	(142)
6. 三星机激光头修复	(143)
7. 激光头老化引起碟片损伤	(144)
8. 加热修复飞利浦激光头组件	(144)
9. 更换飞利浦三碟机激光头组件的小技巧	(145)
10. DDP—110B 型激光头组件的激光管更换	(145)
11. 激光头不发光引起不读碟	(146)
12. 能播放 CD 碟不能读 VCD 碟	(146)
13. CD 和 LD 碟均不能读	(146)
14. 翻碟影碟机播放 A 面正常,播放 B 面不正常	(147)
15. CD 唱机激光头调试	(148)
16. 组合音响不能播放 CD 碟	(149)
17. 索尼 KSS—213 和健伍 KCPIH 激光头组件互换	(149)
18. 三星激光头替换索尼激光头	(150)
19. JVC 和索尼激光头替换	(151)
20. 索尼 KSS—213 激光头替换 KSS—210 激光头	(151)
21. 飞利浦激光头更换后不能播放 DVCD 碟	(152)
22. 播放时搜索时间长	(152)
二、激光头机构类故障	(153)
23. 碟片不到位不读碟	(153)
24. 激光头上升不到位不读碟	(154)
25. 压碟夹持器引起不读碟	(154)
26. 物镜倾斜不读碟	(155)
27. 物镜下陷不读碟	(155)
28. CD 唱机碟片不转不读碟	(156)
29. 减震垫圈老化引起不读碟	(157)
30. 倾斜传感器故障引起不读碟	(158)

31. 影碟机能播放 LD 碟不能播放 CD 碟	(159)
32. 播放 VCD 碟片时图像上有马赛克现象	(160)
33. 兼容机能放 LD 碟,不能放 VCD 碟	(160)
34. 加载皮带打滑引起不读碟	(161)
35. 开机时不能选后面的曲目	(161)
三、激光头组件电缆线或接地线类故障	(162)
36. 电缆线断裂检查技巧	(162)
37. 电缆线插错引起激光头损坏	(162)
38. 电缆排线插件不良引起不读碟	(163)
39. 电缆线未装妥引起不读碟	(163)
40. 播放 VCD 碟时主轴电机转速过快	(164)
41. 机芯接地不良引起读碟困难	(164)
42. 拍打机架时能读碟时不能读碟	(164)
43. 播放到后面曲目时图像出现马赛克现象	(165)
四、激光头组件机械部分故障	(165)
44. 循迹线圈引线断引起不读碟	(165)
45. 无循迹动作引起不读碟	(166)
46. 开机后激光头剧烈振动不读碟	(166)
47. 激光头不能作径向移动不读碟	(167)
48. 夹持器磁性弱引起时读时不读碟	(167)
49. 播放时机内有嗒嗒异声	(168)
50. 进给机构不畅播放一段时间会自停	(168)
附录一 影碟机激光头型号及适用机型	(170)
附录二 影碟机、VCD 视盘机故障自检表	(171)
附表 1 松下 SL—VM535 型 VCD 视盘机 FL 错误码显示表	(171)
附表 2 松下 SL—VS501 型 VCD 视盘机 FL 错误码显示表	(172)
附表 3 松下 SL—S270 型便携式 CD 唱机自检功能	(173)
附表 4 索尼 VCP—S55 型 VCD 视盘机自检功能	(174)
附表 5 松下 SL—VS503 型 VCD 视盘机 FL 错误码显示表	(174)
附表 6 松下 SL—PG350 型 CD 唱机自检功能	(175)
附表 7 三洋 VCD—D838 型 VCD 视盘机 FL 错误码显示表	(177)
附表 8 先锋 CLD—1750KV 型 CD/VCD/LD 影碟机 FL 错误码显示表	(177)
附表 9 先锋 270 影碟机 FL 错误码显示表	(177)
附表 10 松下 LX—Q780 型影碟机 FL 错误码显示表	(178)

第一章 概述

激光的英文名字是 LASER, 常常音译为莱塞、镭射。LASER 的全称是 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, 学名为受激辐射光放大。

激光是 20 世纪 50 年代末兴起的一门新的学科, 1960 年使用红宝石晶体实现了世界上第一个激光振荡, 产生激光。以后, 随着科技的发展, 激光被广泛应用于通讯、计算机、摄影、测量、军事、医学, 甚至应用于舞台艺术等方面。这些发展中有一部分是十分迅速的, 即从 20 世纪 70 年代末和 80 年代初开始出现激光唱机、激光影碟机(即 LD 影碟机), 到 90 年代初又出现 VCD 视盘机, 90 年代中期出现 DVD 视盘机。这些激光唱机、LD 影碟机、VCD 视盘机、DVD 视盘机均使用激光技术, 其核心部分就是一个激光头组件。根据大量的维修实践统计, 这些使用激光头组件的激光唱机类产品, 其故障率最高为激光头组件的低效、老化或损坏。因此, 本书就激光头组件的修理和判断等作一系统讨论。

第一节 激光管介绍

一、半导体激光器

早期的激光影碟机大多采用气体激光器作为读数光源, 气体激光器的特点是输出功率大、性能稳定, 但体积、重量也大, 而且需要外部高压工作电源, 必须有外部的声光或电光调制器才能进行激光扫描工作。其中 He-Ne(氦氖)激光器是一种简单可靠、价格低廉、工作寿命达 5000~10000h 的气体激光器, 在影碟机中使用最普遍。

He-Ne 激光器发出波长为 632.8nm 的红色激光, 输出功率从 1mW 到几十 mW 不等, 其优点是持续稳定工作的时间很长, 且不需要很大能量的电功率(约 15mW)就可以加热至工作状态, 但电能转换率较低, 约 0.03%, 即 300W 的电功率只能生成 10mW 的光功率。

半导体激光器输出功率较小, 发散角较大, 光斑像差不易控制, 而且波长较长, 不利于缩小聚焦光斑, 因此早期的激光影碟机较少采用它。后来由于技术成熟, 半导体激光器已逐步取代气体激光器成为激光影碟机的主要读数光源。两者比较列于表 1-1。如今激光唱机、LD 影碟机、VCD 视盘机和 DVD 视盘机的激光二极管, 均使用半导体激光器。

半导体激光器在所有激光器中是效率最高体积最小的一种, 最适合军事上的应用, 也是激光唱机、激光影碟机得以发展、普及的一个极其重要的原因。

半导体激光器可以做成脉冲式的, 也可以做成连续式的。比较成熟而实用的一种半导体激光器是砷化镓激光器。

这种激光器有如下特点:

①重量轻、体积小。可与其他光学元件一起组成激光头, 利于减少激光头的运动惯量, 从而能沿径向快速移动, 实现快速随机搜曲的目的(随机搜曲时间只需 0.5s 左右)。

②半导体激光器里有光电二极管, 可直接由输入信号调制, 有利于缩短整个光路。

③只需 2~3V 的工作电源(He-Ne 激光器需 1500V 的工作电源)。

④电能转换效率高, 接近 100%(He-Ne 激光器的电能转换效率约为 0.03%), 工作寿命 10000h。

⑤有利于发展。不用附加光电检测器,采用直接由激光器本身探测反射的光信息的新型激光头技术,是一种有前途的影碟机用的激光器,现几乎已占领所有视盘机、影碟机领域。

表 1-1 半导体激光器和气体激光器的比较

特性 指标	种类	半导体激光器 AlGaAs/GaAs	气体激光器 He-Ne 激光器和 Ar ⁺ 激光器
体积		16mm×7mm×5mm 或 49mm×5mm	15mWAr ⁺ 激光器 150mm×150mm×420mm 1mWHe-Ne 激光器 440mm×305mm
重量		数 g	15mWAr ⁺ 激光器 7kg 1mW He-Ne 激光器 0.6kg
驱动电压		2V	数 kV
效率		百分之几	10 ⁻² %
波长及稳定性		不稳,随温度变化	较好
可靠性		不好	较好
调制方式		可直接调幅调制	要声光或电光调制器
集成化		便于集成化	不便集成化

图 1-1 是镓砷半导体激光器主要部分的构造示意图。它的主要部分为一个 P-N 结。P-N 结是由一块 P 型半导体与一块 N 型半导体相结合而成。其形状为长方形,长约 250 μ m,宽约 100 μ m。整个体积就和针孔的大小差不多。它的两个端面磨得很光,并且互相平行,这就是构成谐振腔的两个反射镜。侧面则不用磨得很光。P 型半导体接上正电极,N 型半导体接上负电极。通常 N 型半导体与散热器连接在一起,这个散热器就作为负电极。散热器是必需的部分,它可以控制 P-N 结的温度,从而使激光的强度与波长都可以保持稳定。当在 P-N 结中通上大电流时,从 P-N 结的结区域就会发射出激光来。

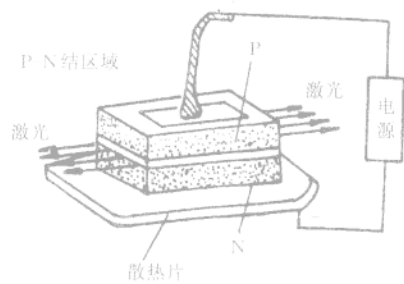


图 1-1 镓砷半导体激光器

半导体激光器发射激光的原理和固体激光器有相似之处,但也有许多不同。在固体激光器中,发射激光的是作为杂质的少数原子,而不是基质本身。例如在红宝石激光器中,发射激光的是铬离子而不是三氧化二铝;在玻璃激光器中,发射激光的是钕离子而并不是玻璃本身。但是,在半导体激光器中,发射激光的却是基质本身。半导体激光器的这一特性使它的工作原理与其他的固体激光器有所不同。所以,虽然半导体也是固体,但半导体激光器却不从属于固体激光器。

在 N 型半导体中,电子的数量比较多,而在 P 型半导体中,空穴的数量比较多。当这两种不同的半导体结合在一起而形成一个 P-N 结时,N 型半导体中的电子就要向 P 型半导体中移动,从而使 P 型半导体呈负极性。与此同时,P 型半导体中的空穴也向 N 型半导体中移动,从而使 N 型半导体带有了正电,这样就使 P-N 结区产生了一个电位差(势垒),这个电位差的方向恰好是阻止电子流向 P 型半导体,空穴流向 N 型半导体的。这个电位差一旦建立起来之后,电子和空穴就不能在 P-N 结区域大量流动了。P-N 结区域这样生成的势垒会使电子

和空穴相对稳定,电子和空穴要想通过P-N结的区域流向对面去就必须克服这个势垒的阻力。这就是P-N结的平衡状态。这一状态由能级图1-2表示。其中,N型半导体的能级低于P型半导体的能级。

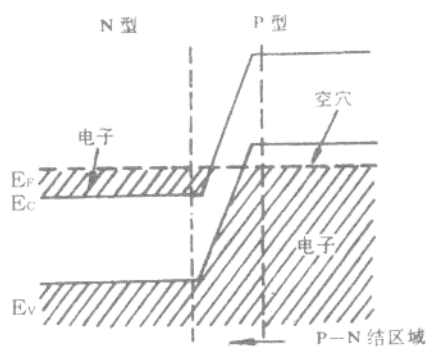


图 1-2 P-N 结平衡状态的能级图

在N型半导体这边, E_c 的一部分能级为电子所占据,而在P型半导体那边, E_v 的一部分能级为空穴所占据。它们占据的情况以虚线表示的能级 E_F 为准。在这种情况下,N型半导体的电子不会跑到P型半导体中去,而P型半导体的空穴也不会跑到N型半导体中去,所以平常它呈现一种平衡状态。倘若这时在P-N结区域加入一个与势垒相反的电压,这个外加电压会部分抵消势垒,从而使势垒有所降低。这一情况可由图1-3表示出来。由于势垒的降低,在N型半导体那一边的电子能态变高了。在加电压的同时,使有大电流通过,也就是说在N型半导体那一边注入大量的电子,这时在高级能级上就有大量的电子存在。当

电子从高能级跃迁到低能级上时,与空穴结合在一起,它们就把多余的能量放射出来,从而发光。这里所说的电子从高能级跃迁到低能级的过程,就是指电子从N型半导体流向P型半导体,在P-N结区域与空穴相结合的过程。通过受激发射作用,这个过程被大大地加速了,因而也就形成了激光。

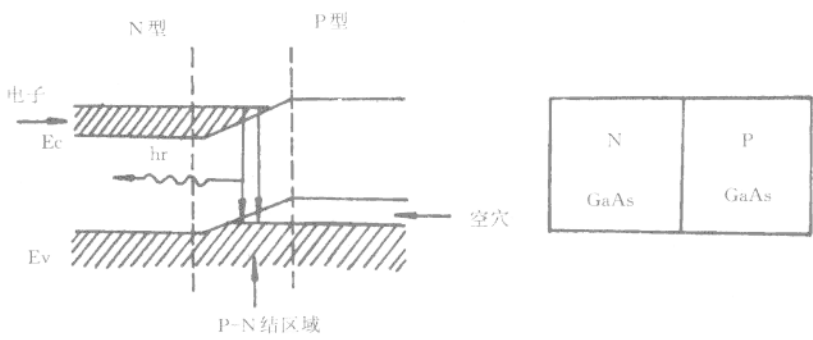


图 1-3 势垒降低后,电子与空穴在能级上的分布

当电子从高能级跃迁到低能级而发射光子时,另一相反过程同时也存在,那就是电子吸收了光子又回到高能级上去。要想抵消这个吸收作用,使受激发射占有优势,就必须保持高能级上的电子密度极大,也就是说在能级间形成电子的反分布。这就是为什么要通以大电流并使用散热片的原因。因此,激光二极管的正常工作电流比较大,达60~70mA,甚至更大。

为了提高发光效率,通常使用异质接合型的激光二极管。所谓异质接合,即使用的P型及N型半导体是不同的材料。

二、普通型激光二极管

目前适用于激光唱机和激光影碟机的激光二极管主要有普通型与全息照相复合型两种。普通型激光二极管由半导体激光器、光电二极管、散热器、管帽、管座、透镜及引脚等组成,见图1-4。

普通型激光二极管又有两种:一种的发射窗为斜面,俗称“斜头”,见图1-4(a)所示;另一

种的发射窗为平面,俗称为“平头”,见图 1-4(b)所示。斜头一般用于激光唱机、VCD 视盘机;平头一般用于激光影碟机。在管壳底板上的外边缘各有一“V”形缺口和一凹形缺口作为定位标记。早期生产的激光二极管直径较大,约为 $\phi 9\text{mm}$,现在生产的激光二极管直径较小,约为 $\phi 5.6\text{mm}$ 。

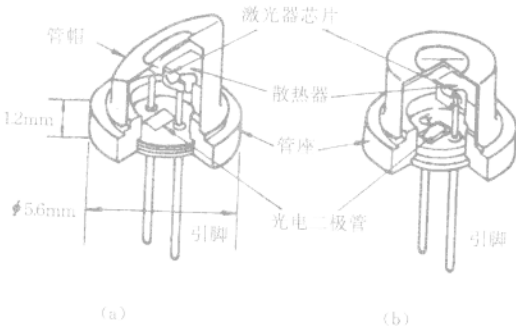


图 1-4 普通型激光二极管结构

半导体激光器置于管内中央的顶端,激光发射面垂直于透镜与光电二极管接收面,其阳极用引脚 A1 引出管座外,阴极通过散热器与管座相连,并用管座上的引脚 K 引出。在管壳顶端安装有透镜,用于补偿半导体激光器的像散。只要在 A1、K 引脚上加上额定电压,半导体激光器便产生激光振荡,由透射面穿过透镜发射出激光。半导体激光器振荡时会产生很大的热量,因此必须在激光二极管上加装散热器。在激光二极管中的管座面上装有光电二极管,其接收面朝向半导体激光器,并与激光发射面垂直,阳极(或阴极)用引脚 A2 引出管座外,阴极(或阳极)直接与管座相连,半导体激光器的光束从两端面输出,其中一个端面输出的光束由光电二极管接收,用于监测半导体激光器光输出的变化,并将这一变化反馈到激光发射功率自动控制(APC)电路,去控制半导体激光器的驱动电流,使输出的光功率保持恒定。这一结构形式可用于判断激光二极管的好坏。若发出的激光束正常,用电压表测量光电二极管 A2 对 K 的电压一般为几伏;若激光二极管损坏,不发出激光,则 A2 对 K 的电压为零;若激光二极管变质,则 A2 对 K 的电压会下降。

目前激光唱机与激光影碟机用的普通型激光二极管的封装形式有 M、P、N 三种,见图 1-5 所示。

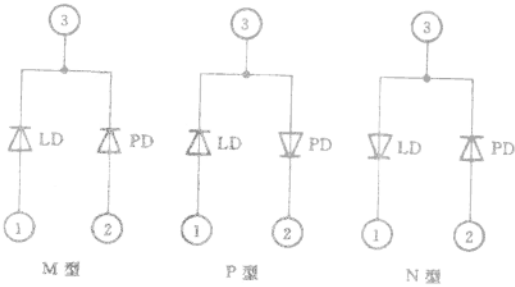


图 1-5 普通型激光二极管封装形式

国外部分普通型激光二极管主要性能、封装形式及其生产厂家见表 1-2。
这种结构的激光管被广泛应用在先锋、松下、日立、索尼等公司的产品中。

表 1-2 国外部分普通型激光二极管主要性能、封装形式及其生产厂家

型 号	性 能				封装形式	生产厂家
	波长/ μm	输出功率/mW	起振电流/mA	发散角/ $^{\circ}$		
HLDA-6712MG	0.67	5	40		N	日立
HLP-7801	0.78	5	60	15/35		日立
LT020MC	0.78	5	50	15/45		夏普
ML-4000	0.78	5	30	10/30		夏普
ML-4001	0.78	5	30	13/35		夏普
RLD78AP	0.78	5	35		P	
RLD78MA	0.78	5	35		M	
RLD78MV	0.78	5	45		M	
RLD78PA	0.78	5	45		M	
SLD104AU	0.78	5	45		M	
SLD1122VS	0.67	5	40		N	
TOLD9221M	0.67	5	40		N	

三、全息照相复合激光管

与普通型激光二极管比较,全息照相复合激光管在激光二极管发射面的光路中增设了一个衍射光栅,在其顶部增设了一个全息照相镜片,在激光二极管侧面排列了一个光电检测器,采用多引脚形式从底座上引出,见图 1-6 所示。

全息照相复合激光管的光电等效电路见图 1-7 所示。

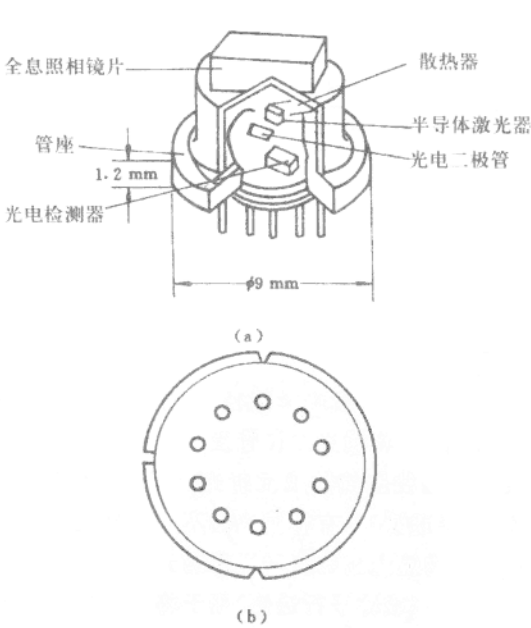


图 1-6 全息照相复合激光管

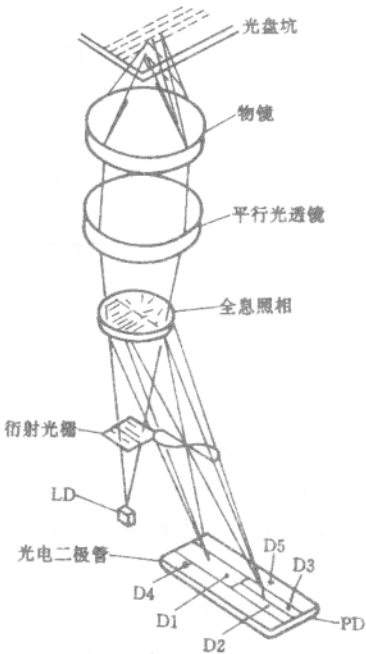


图 1-7 全息照相复合激光管的光电等效电路

激光二极管在加上额定电压后,半导体激光器便产生激光振荡,发射出的激光首先由衍射

光栅分成三束(一主光束和两副光束),再透过全息照相镜片向外发射。全息照相镜片由两个不同周期的衍射光栅组成,具有透射性和折射性,能将激光二极管发射的激光和光电检测器(光电二极管)的反射光分开,以避免反射光按原来的光路返回到激光器,从而保证了激光振荡的稳定性。

全息照相镜片的折射性将反射光引入光电检测器(PD),将反射回的主束光分裂成两束光,反射回的两束辅助光分裂成4束光,投射在5分光电检测器上。分裂后的两主束反射光用于产生RF信号和聚焦信号,分裂后的4束辅助反射光用于产生循迹信号。全息照相镜片与衍射光栅是不可调整的,在损坏或老化后,只有更换全息照相复合激光管。采用全息照相复合激光管的激光头主要用于激光影碟机、VCD视盘机。主要有索尼公司、夏普公司等激光头中装有这种激光管。

第二节 激光头基本工作原理

一、激光头的基本结构

激光头主要由激光产生(发射)系统、激光传播系统(光路或激光枪)和光接收系统等部分构成,见图1-8所示。

激光头中的半导体激光二极管发射出单一波长、相位一致的激光,其波长在 $0.65\mu\text{m}\sim 0.78\mu\text{m}$ 左右,光输出功率约5mW。衍射光栅也属于激光产生系统,它能将激光二极管发射的单束光分裂成三束光。即主光束(0次光束)和副光束(± 1 次光束)。

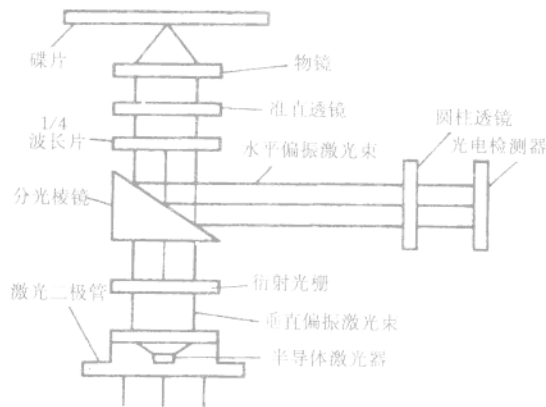


图 1-8 激光头的基本结构

在激光传播路径中固定有起不同作用的多片光学镜片,构成光学路径。由分光棱镜、1/4波长片、准直透镜和物镜构成入射(相对于光盘)光传播路径,将激光二极管发射出的激光入射到碟片面上;由物镜、准直透镜、1/4波长片、分光棱镜和圆柱透镜构成反射光路径,将从碟片反射回来的激光引入光电检测器的光靶上。分光棱镜(半透镜)具有将偏光轴不同的激光束分开的功能,对于激光二极管发射出的光呈透射性,对于从物镜送出的反射回来的光呈反射性。1/4波长片是一个旋光器件,能将偏光轴旋转 45° 。准直透镜(或称平行透镜)用于将散射的入射光矫正成为平行光。物镜是光学系统中最重要零件,用于将入射的平行光聚焦成一个极小的光点,其表面精度为 $0.1\mu\text{m}$,早期由3片玻璃球面构成,目前广泛采用非球面塑料物镜,其性能见表1-3。

表 1-3 玻璃物镜和非球面塑料物镜性能

类 型	性 能				结构形式	重量/g
	焦距/mm	数值孔径	工作距离/mm	最大像高/mm		
玻璃物镜	4.5	0.5	1.5	0.12	3 片玻璃	0.45
非球面塑料物镜	4.5	0.45	1.9	0.1	非球面单片	0.12

圆柱形透镜用于将反射光聚焦于光电检测器的光靶上。光电检测器用于接收从物镜返回的调制反射光,并将它变成电信号。

激光头中除物镜可上、下、左、右移动,衍射光栅和圆柱透镜可微动(调整用)外,其余各镜片都用胶粘固在特定位置上。因此,在结构上广泛采用将物镜部分作成成一个独立部件,称为物镜机构,而将光学路径中其余各镜片(包括衍射光栅、分光棱镜、1/4 波长片、准直透镜、圆柱透镜等)按不同作用安装在特定位置上,构成光学路径。这些镜片在维修时不能任意乱动,否则任一镜片移位都会造成反射光点偏离光电检测器光靶的着光位置,产生机器不读碟的故障。

二、碟片上信息的读取

碟片是以不同长度的椭圆坑点和间隔来表示信息(图像和声音)内容的。CD 碟片上刻录的椭圆形坑长为 $0.8 \sim 3.5 \mu\text{m}$,坑宽约 $0.5 \mu\text{m}$,深约 $0.11 \mu\text{m}$,并按螺距 $1.67 \mu\text{m}$ 呈螺旋状排列。透明的聚碳酸酯的折射率为 1.58,坑的光学长度为 $0.1738 \mu\text{m}$,近似于激光波长的 $1/4$ (即 $\lambda/4$)。当激光束投射到旋转碟片的无坑部位时,激光被垂直地全部反射回物镜;当投射到坑点部位时,在坑的周围部分波面发生弯曲,根据光的干涉原理,波峰与波峰一致的两个(反射)光波互相增强,波峰与波谷一致的两个(反射)光波互相抵消,见图 1-9 所示。其读出对应关系见图 1-10 所示。这样反射光束反射到光电二极管,有反射光其内阻变小,无反射光其内阻变大,则输出电信号。图 1-9 和图 1-10 中坑点的含义,是从碟片正面——商标面看。

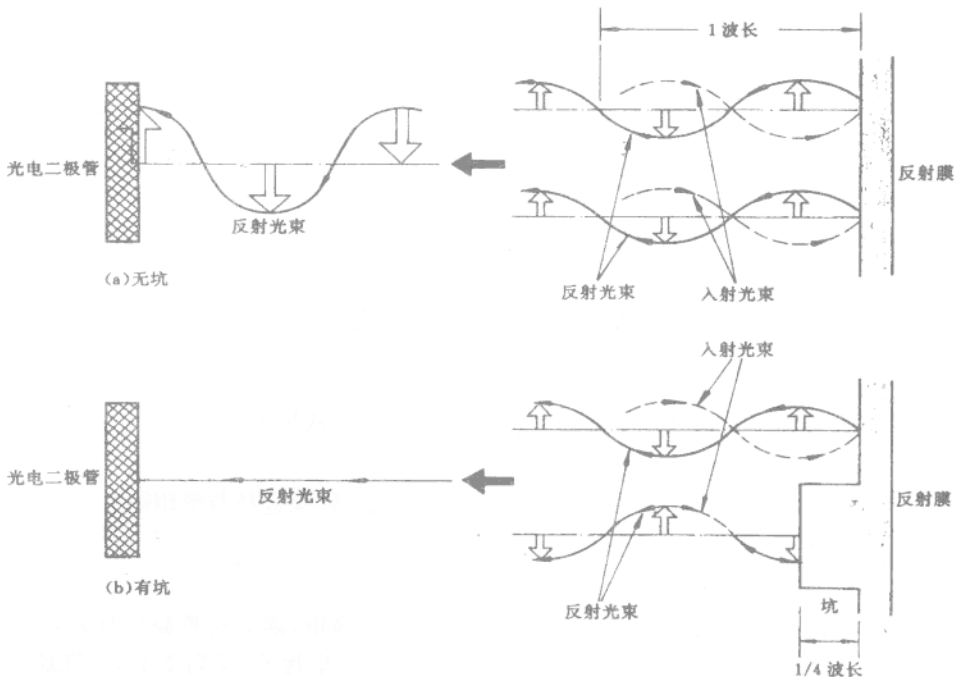


图 1-9 碟片信息面的反射

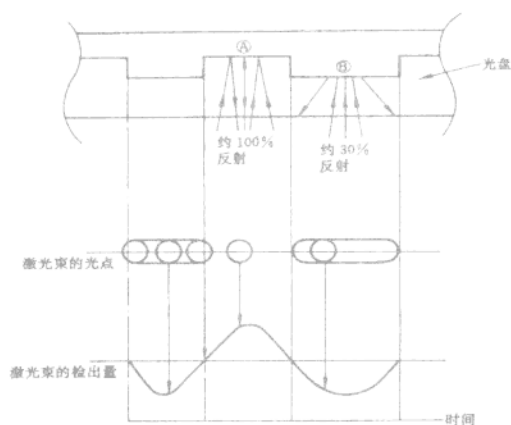


图 1-10 激光读取碟片信息波形图

三、聚焦基本原理

1. 数值孔径

为了使激光正确地读出旋转碟片上的信息,唱机或影碟机还必须有一套高精度的光学系统,使垂直投射到碟片表面纹轨的激光束的直径小于信息纹迹的螺距 $1.67\mu\text{m}$,否则会同时触及两条信息纹轨,产生串轨,不能读出正确的信息,使图像和伴音变劣,甚至读不出信息。而激光束焦点的直径取决于光源的波长,并与焦距、物镜等因素有关,见图 1-11 所示。

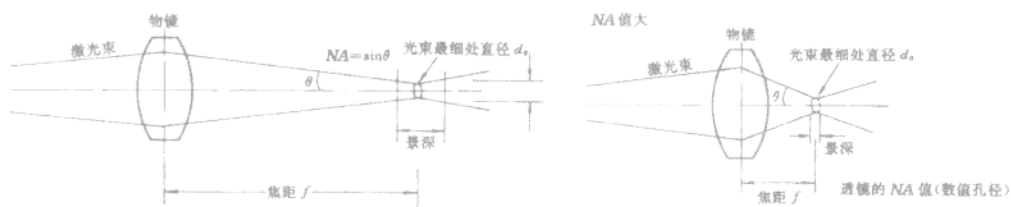


图 1-11 焦距与焦点的关系

焦点的直径由下式决定:

$$d_0 = K\lambda_0 f / D$$

式中 K ——光源分布系数(高斯分布时, $K=1.62$);

D ——入射光束直径;

f ——焦距;

λ_0 ——光源波长。

光束会聚很细的那一部分长度称为景深度,景深度由下式决定:

$$\Delta f = \pm K\lambda_0 f^2 / D$$

与物镜直径相比,当焦距很长时,景深和焦点直径都增大。物镜直径与焦距的关系通常用 NA (数值孔径)值来表示,即

$$NA = \sin\theta_{\max}$$

当 NA 值过大时,激光束光点直径小,分辨能力高,但景深短,读取信息稳定性差,伺服不稳定;当 NA 值过小时,激光束光点直径大,分辨能力低,邻迹串扰大,误码率增大,但景深长,读取信息稳定。 NA 的最佳值见图 1-12 所示,对于采用 $\lambda=0.78\mu\text{m}$ 的激光,所用物镜的 NA 最佳

值为 0.45,这时光点直径为 $1.7\mu\text{m}$,大约是最短坑长($0.8\mu\text{m}$)的 2 倍。CD 唱机、LD 影碟机、VCD 视盘机和 DVD 视盘机,由于使用的激光器波长不一样,碟片上坑点长度不一样,所以 NA 取值也有所不同。

2. 聚焦电路

聚焦机构采用光电检测与比较电路,结合电磁式驱动结构构成,见图 1-13 所示。

当驱动电路输出的线性电压送到聚焦线圈时,聚焦线圈便产生相应的磁力,带动物镜上下移动,对碟片进行聚焦(实际上是改变焦距),反射回来的光束经对焦光电检测器检测出聚焦误差信号,伺服电路再用这个误差信号去改变聚焦线圈中的电流方向与大小,带动物镜调整焦距,在读取时不断和纹迹对焦,使激光束焦点始终落在碟片表面。聚焦误差检测常用的有像散法与傅科法。

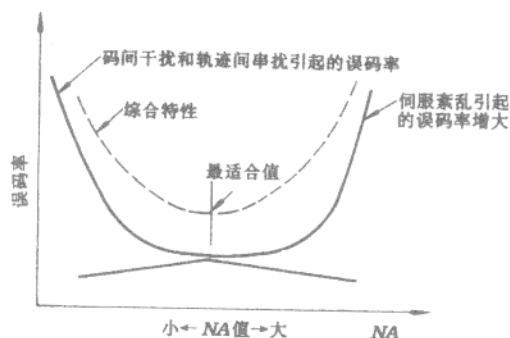


图 1-12 NA 最佳值与误码率的关系曲线

3. 像散法聚焦

像散法对焦光电检测器就是在反射的光学路径中安装了一个半圆柱形透镜,见图 1-14 所示。

该半圆柱形透镜的垂直方向具有像散作用,能将通过它的光束变换成横截面为正交的椭圆(即最初呈纵向椭圆形,然后接近圆形,最后呈横向椭圆形)。利用这一特性,在准确聚焦的情况下,将 4 分隔光电检测器安装在激光束投影位置上,使 4 个光电管输入均等的光通量,聚焦误差信号 $FE=0$ 。当物镜远离或靠近碟片时,其焦点不在碟片面上而离焦,入射在碟片上的光束直径变“粗”,反射光束的直径随之变大,通过对焦光电检测器中的半圆柱形透镜的像散作用,将反射光束变成椭圆形照射在 4 分隔光电检测器上。当物镜离碟片过近时,其反射光束呈纵向椭圆,4 分隔光电检测器中的上下两个光电管输入较多的光通量,聚焦误差信号 $FE>0$ 。当物镜离碟片过远时,其反射光束呈横向椭圆,4 分隔光电检测器中的左右两个光电管输入较多的光通量,聚焦误差信号 $FE<0$ 。4 分隔光电检测器中两对角线光电管转换出的电压通过一个比较器可检测出离焦的差值,即聚焦误差,为 0、大于 0 或小于 0。

在对焦光电检测器中安装的半圆柱形透镜位置在出厂时已经过精密的调整,在维修时不能乱动,只有在更换了光电检测器或激光二极管后才有可能进行微调。采用像散法对焦光电检测器的激光头有索尼、先锋、松下等公司的产品。

4. 傅科法聚焦

傅科法就是在反射光的光学路径中的焦点处安装了一个傅科棱镜,见图 1-15 所示。傅科棱镜能将反射光分成两束。当对焦时,傅科棱镜的反射光在两个 2 分光电检测器上的光像呈圆

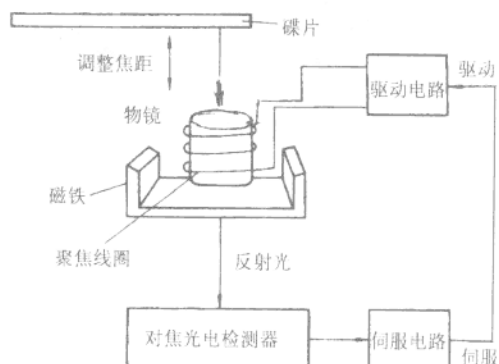


图 1-13 聚焦电路

形;当离焦时,傅科棱镜的反射光在两个 2 分光电检测器上的光像呈半圆形。其光分布或是内
侧明亮,或是外侧明亮,比较器检测出的这种明暗所对应的电信号的差值就是聚焦误差。

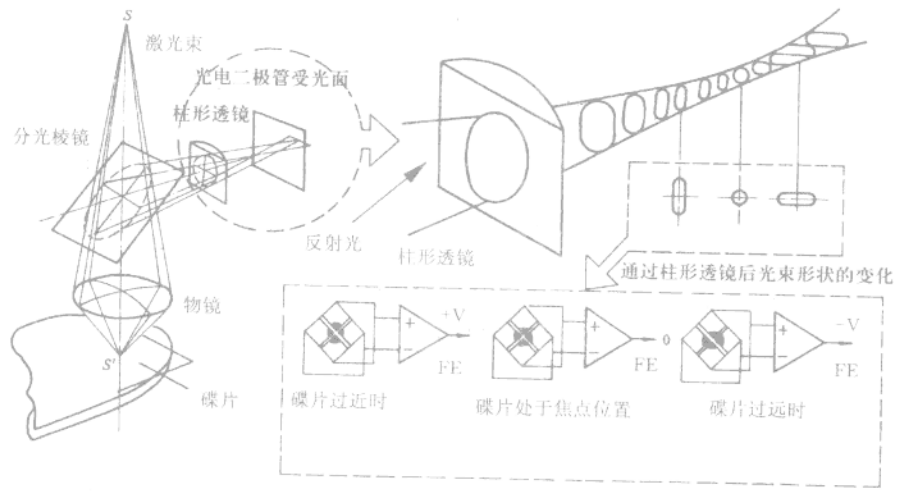


图 1-14 像散法聚焦光电检测器

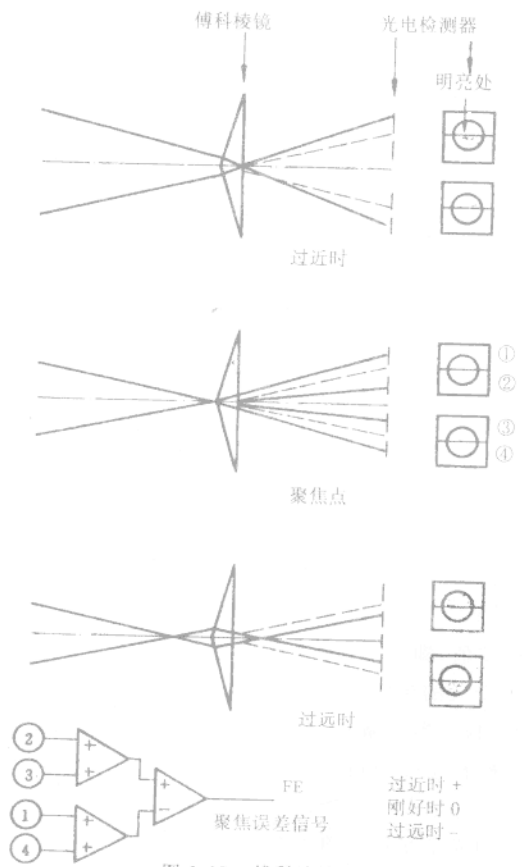


图 1-15 傅科法聚焦

四、循迹基本原理

CD 碟片上信息纹迹间距为 $1.67\mu\text{m}$, 而碟片的偏心有 $\pm 70\mu\text{m}$, 聚焦的激光束很容易偏离目标信息纹迹。循迹就是使物镜跟踪碟片的偏心, 在水平方向进行校正, 以准确读取信息纹迹。常用的循迹误差检测方法有推挽法、微分相位法和三点法等。

1. 推挽法循迹原理

推挽法循迹原理见图 1-16 所示。利用碟片(光盘)信号坑点构成一个光栅, 当光点聚焦于碟片面时, 会产生部分重合的 0 级与 ± 1 级反射与绕射光, 产生干涉现象。当循迹良好时, 两个光电检测器输入相等的光通量; 当偏离纹迹时, 两个光电检测器输入的光通量分布就会左右颠倒。当纹迹偏左时, 右半边的光电管光通量大; 当纹迹偏右时, 左半边的光电管光通量大。这种光通量的差异由光电管器转换成电信号, 通过一个比较器检测出循迹误差信号(TE)。采用推挽法循迹的激光头有飞利浦等公司的产品。

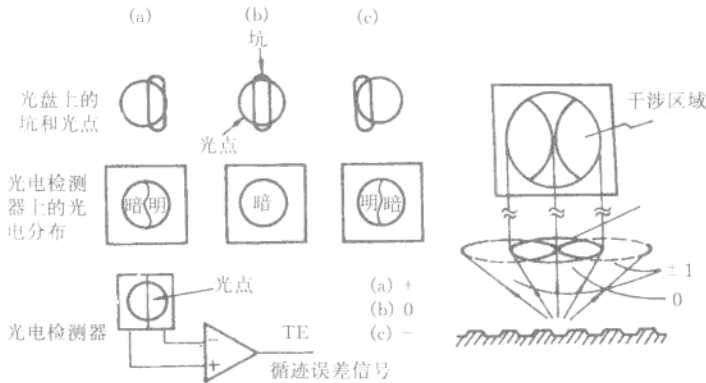


图 1-16 推挽法循迹

2. 微分相位检测法循迹原理

微分相位检测法循迹原理是利用光点投射在信号坑的瞬间, 在纹迹偏离左边或右边时, 两个光电检测器输入的光通量分布会左右颠倒, 采用两对角线的相位比较, 就可以将左上方或右上方的光通量分布变换成正负极性误差信号, 见图 1-17 所示。这种方法电路较复杂, 应用较少, 原理与聚焦相仿。

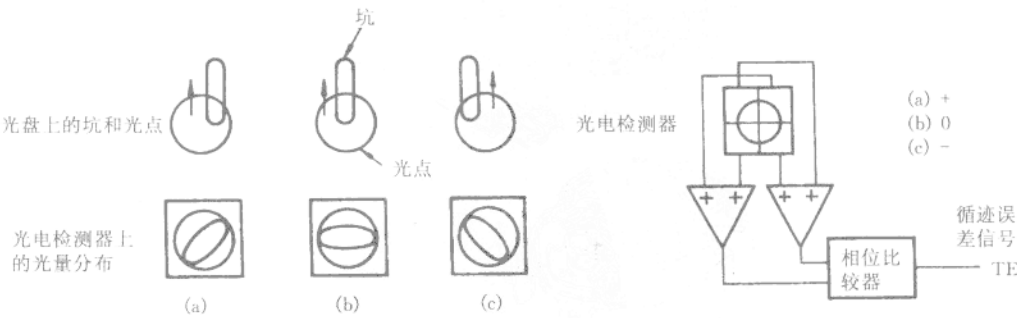


图 1-17 微分相位检测法循迹

3. 三点法循迹

三点法循迹是利用三个相距 $20\mu\text{m}$ 的光点产生循迹误差, 见图 1-18 所示。它将 6 分光电