

激光唱机的实用知识

蔡林海 翟 巍 编

内 容 提 要

激光唱机是80年代发展起来的一种新的电子音响产品,它荟萃了微电子技术、激光技术以及数字技术,采用数字式信号处理、激光无接触拾音以及高级精密伺服等方式在电声性能及音质上都超过了传统的模拟方式电子音响产品,从而成为现代音响产品发展的方向。

本书共分八章:激光唱机的发展历程与现状、激光唱片、激光拾音器。光学伺服、光学驱动、音频电路、激光唱机的测试、使用与维修等。

本书内容翔实,资料丰富,配有大量的图表,叙述简明易懂,可供从事电子产品生产的工程技术人员及电子音响产品爱好者参考。

激光唱机的实用知识

蔡林海 瞿 巍 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 祝桥 新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.375 字数 116,000

1990年1月第1版 1990年1月第1次印刷

印数 1—1,900

ISBN 7-5323-1381-6/TS·90

定值: 2.50 元

前 言

激光唱机又称 CD 激光数字音频唱盘(简称 CD), 是 70 年代末、80 年代初在音频电子产品领域急骤兴起的一项新兴技术, 它荟萃了微电子技术、激光技术以及数字化技术, 是现代电子音响产品的发展方向。

1982 年, 荷兰飞利浦公司和日本索尼公司联合研制并推出了激光唱机这一新型的数字式音频电子产品, 同年 10 月, 该产品打入音频电子产品市场, 随即引起了全世界的注目。激光唱机以其数字式的信号处理方式、激光无接触拾音以及高级精密伺服等优点, 使得传统的模拟方式音频产品相形见绌。自 1984 年起, 激光唱机的产销一直呈上升状态, 仅在日本, 1986 年的产量就达到了 735 万部, 1987 年达到了 1000 万部, 这种发展速度是彩色电视机或录像机所望尘莫及的。同时, 激光唱机在机种上、功能上、操作性能上也都不断地有所改善和提高。如今, 激光唱机不仅已进入欧美及日本的音乐爱好者的家庭, 而且也出现在我国的宾馆、饭店、娱乐欣赏中心以及现代音乐教育和俱乐部的舞厅之中, 并且受到了我国音乐爱好者的青睐。可以说, 激光唱机是凭借其优越的电声性能夺得了电子音响产品的桂冠, 而且是凭借其清晰悦耳的音质赢得声誉。

目前, 激光唱机已进入我国的电子音响产品市场。为了帮助我国的音乐爱好者更好地掌握激光唱机的基本原理和激

光唱机的使用、维修的知识,我们特意编写了本书。

本书从实用角度出发,由浅入深,介绍了激光唱机各部件的功能和工作原理、激光唱机的调试以及使用和维修知识。书中配有大量图表,以便于读者理解书中的文字内容。我们希望本书的出版将有助于推动激光唱机技术在我国的发展,并为激光唱机的普及做出贡献。鉴于本书所介绍的是一项新颖的技术,而且我们水平有限,书中如有谬误之处,敬请读者指正。

编者 一九八八年十月

目 录

前 言

第一章 CD 唱机的发展概况	1
第一节 CD 唱机的诞生	1
第二节 CD 唱机的构成及其工作原理	3
第三节 CD 唱机的种类	8
第四节 CD 唱机的发展现状	12
第二章 CD 唱片	15
第一节 CD 唱片的结构	15
第二节 CD 唱片的材料	17
第三节 CD 唱片的制造工艺	18
第三章 激光拾音器	25
第一节 半导体激光器及其在 CD 唱机中的应用	25
第二节 激光拾音器的工作原理与结构	34
第三节 激光拾音器的控制技术	43
第四节 激光拾音器的种类	45
第四章 光学伺服	49
第一节 聚焦伺服	49
第二节 跟踪伺服	54
第三节 锁相环/恒线速度伺服	59
第四节 光伺服集成电路	61
第五章 光学驱动机构	64
第一节 光拾音器的给进机构	64

第二节	主轴电动机和唱盘	68
第三节	光学驱动机构中的浮动装置	72
第四节	光学驱动机构的小型化技术	75
第六章	CD 唱机的随机存取功能	78
第一节	随机存取技术	78
第二节	实际的随机存取动作	86
第七章	CD 唱机的音频特性及唱机的测试法	91
第一节	音频特性的测试法	91
第二节	音频特性与音质的关系	95
第三节	部件与音质的关系	100
第四节	CD 唱机的测试	104
第八章	CD 唱机的使用与维修	117
一、	安全检查	117
二、	防止激光辐射	118
三、	使用 CD 唱机的注意事项	119
四、	CD 唱片的使用	121
五、	CD 唱机的操作键及其功能	122
六、	XL-V200B 型 CD 唱机主要大规模集成电路的说明	125
七、	CD 唱机的分解	138
八、	激光拾音器的维修	144
九、	CD 唱机的调整	146
十、	CD 唱机故障的检查及排除	150
附 录		159
一、	XL-V200B 型 CD 唱机的原理方框图	159
二、	XL-V200B 型 CD 唱机的操作流程圖	161
参考文献		163

第一章 CD 唱机的发展概况

第一节 CD 唱机的诞生

一个世纪以来, 唱片作为人们欣赏音乐的主要媒介已经相当普及。工程师们为改善唱片和唱机的性能, 做了种种努力, 并且在唱片的刻录技术中引入了电子计算机技术。但是, 在现代音响设备中, 唱机却是一个薄弱的环节, 唱针和唱片之间是机械性接触, 唱片容易磨损或因操作不当而损伤, 在放声中会由此而产生“咔嗒”声, 甚至还会出现跳槽的现象。如上所述, 唱片虽然从单纯声学录放发展到电声转换录放, 但录放方式却没有改变, 都是直接把音频信号的强弱变换成唱片纹槽的振幅变化, 重放时用唱针扫描纹槽来拾取信号。也就是说, 传统的唱片系统都是模拟方式的, 它在频率响应、谐波失真、信噪比、动态范围、声道分离和抖晃等指标方面很难达到最佳值, 显然, 模拟方式唱片系统的录-放电性能已经接近于极限了。为了使音质得到根本的改善, 工程师们提出了用脉冲编码调制(PCM)的方法处理模拟声音信号的设想。早在本世纪的50年代, 这种设想的优越性就已得到理论研究的充分证实, 但它的具体实施和应用则是十年以后的事。

从60年代开始, 大规模集成电路技术的发展为音频技术

的数字化创造了物质条件，在 60 年代中期，工程师们研制出第一台标准 PCM 声频磁带录音机，接着，日本广播公司（NHK）采用在磁记录领域已实用化的 PCM 信号处理方式，直接把 PCM 信号记录在唱片上并研制了相应的重放系统。采用 PCM 处理方式时，信号频带变得很宽，所以采用过去的唱片记录方法根本不可能实现，需要有新的超高密度的记录方式。70 年代初，荷兰飞利浦公司音频研究室开始研究用光在唱片上记录信号以提高记录密度的可能性。1976 年 9 月，日本索尼公司率先研制出第一张激光读出型数字音频唱片。第二年，日本的三菱电机和东京电气公司共同协作，成功地研制出把激光用于唱片记录的超高密度录放技术，并将该技术引入 PCM 音频记录领域，研制出 PCM 激光音频唱片系统——第一部激光唱机。1979 年，飞利浦公司和索尼公司达成协议，为开发激光数字唱片进行广泛的技术合作。双方共同开发的激光数字音频唱片，又称 CD（Compact Disc 小型唱片），它的直径为 12cm，面积仅为普通模拟唱片的六分之一，可用激光扫描读出，单面录放为 1h，旋转为恒线速度，取样频率为 44.1 KHz，取样特性为 16 bit。CD 的主要电声指标为：频率响应为 20 Hz~20 kHz， ± 0.5 dB；动态范围 > 90 dB；信噪比和声道分隔度均 > 90 dB；总谐波失真 < 0.01%；抖晃度 < 0.001%，这些电声指标是传统的模拟唱片所无法比拟的。此外，由于 CD 唱片表面有厚度为 1.2mm 的透明保护层，所以激光束焦面（即信号面）上不会积聚灰尘和表面划痕，而且对重放信号影响甚小。再加上 CD 系统采用激光扫描循迹，所以对唱片不会产生机械性磨损。1982 年 10 月 CD 系统正式在日本出售，并从 1983 年 3 月开始投放欧美市场。CD 作为音频技术进入数字化时代的主要产品在音响产品市场崭露头

角,而且倍受消费者的青睐。

第二节 CD 唱机的构成及其工作原理

CD 唱机是用直径仅为 $0.78\mu\text{m}$ 的激光束,以非接触方式对刻录在直径为 12cm 的透明唱片单面上的数字化立体声音频信号进行读出的。该系统集中应用了激光技术、大规模集成

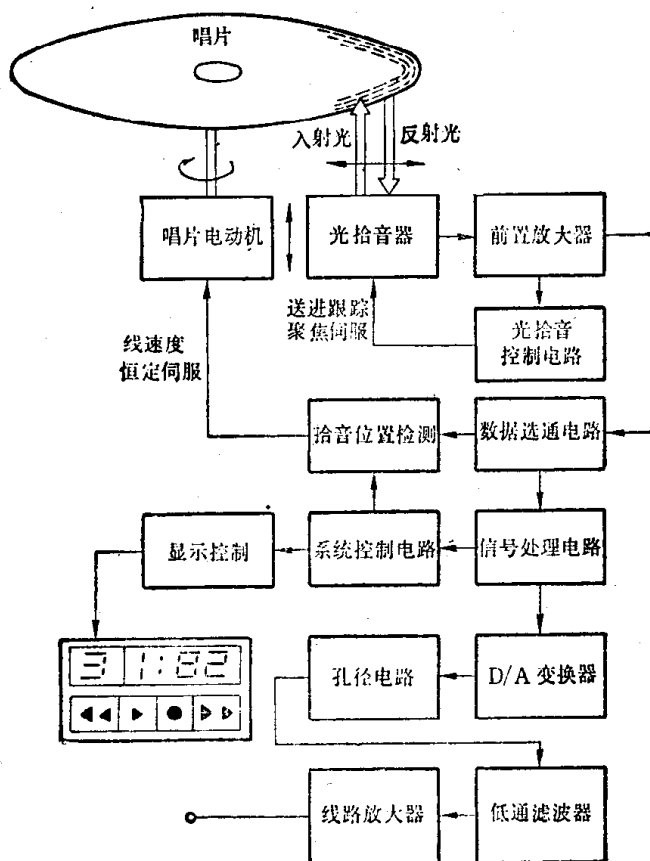


图 1-1 CD 唱机的原理图

电路技术、精密伺服技术和数字信号处理技术等,是一种知识和技术密集型的产品。CD 唱机除唱片外,还包括激光拾音器、精密伺服机构、数字信号处理电路和数/模转换电路等部分。它的原理图如图 1-1 所示。现将 CD 唱机的构成和工作原理大致介绍如下。

1. 唱片

CD 唱片直径为 12cm,厚 1.2mm,其面积为普通模拟唱片的六分之一,但记录的信息容量却是模拟唱片的两倍。CD 的形状象一块薄形圆盘,闪闪发光的一面是透明的塑料基板,表面非常光滑。为了使激光束反射,唱片表面蒸镀了一层 $0.01\mu\text{m}$ 的铝反射层,在它的上面又覆盖坚硬、不透明的保护层,保护层的上面印有标号。从唱片的内圆直径 5cm 处到外圆直径 11.6cm 处的区间刻蚀有数以千计的信号凹坑,其宽度为 $0.5\mu\text{m}$,间距为 $1.6\mu\text{m}$,这些信号凹坑按逆时针方向排列成螺旋状的轨迹。

2. 数字信号的读出

刻蚀在唱片上的信号凹坑宽为 $0.5\mu\text{m}$,深度为 $0.1\mu\text{m}$,长为 $0.9\sim 3.3\mu\text{m}$,呈细长型。CD 系统用直径为 $0.78\mu\text{m}$ 的红外激光束对信号坑进行读出。该激光束由物镜聚焦成光点,通过聚焦伺服控制可以使光点聚焦在信号坑所在的平面上。为了使激光光点能正确地跟踪按同心圆形状排列的信号坑,还要进行跟踪伺服。这样,通过聚焦伺服和跟踪伺服,准确跟踪信号坑的激光光点在有信号坑的部分发生散射,而在没有信号坑的部分发生反射,再次返回到物镜,通过棱镜折射被导入光检测器(光敏二极管),由此而变换为电的数字信号。

3. 唱机的驱动

唱机由主轴电动机来驱动。因为唱片内周和外周上信号

坑的密度相同,而且是用相同的图形刻蚀的,所以,对信号坑进行读出的光拾音器的光点也必须用相同的速度对信号坑进行循迹。为了实现这一点,电动机每一分钟的旋转数就不能是恒定的,应该是内周快而外周慢,电动机的旋转数与从唱片中心到光拾音器光点的距离成反比,这种旋转方式叫做恒线速度旋转方式,简称 OLV,它与传统唱机所采用的旋转数恒定的恒角速度旋转方式 CAV 是不同的。光拾音器在信号坑上循迹的速度被规定为每秒 $1.2\sim 1.4\text{m}$,在直径为 5cm 处的乐曲开始处,每分钟为 500 转;在最外周直径为 11.6cm 处,旋转数为每分钟 200 转。要使主轴电动机按恒线速度正确地旋转,必须对其进行精密的伺服。因此必须用检测信号检测出光拾音器与唱片中心的距离,并由此而推算出电动机的旋转数,然后由相位比较器对主轴电动机进行恒线速度的控制。

在 CD 唱机中,为了用光拾音器对按同心圆状配置的信号坑进行正确的读出,必须进行跟踪伺服。唱片每旋转一周,在径向上仅移动 $1.6\mu\text{m}$,故要使拾音器向外周方向移动。此外,在选曲时,还必须使拾音器迅速而准确地移动到目的点。在前一种场合,需要用 1h 的唱片放音时间,非常缓慢地使拾音器在唱片信号面的内周(距唱片中心 2.5cm 处)和外周(距中心 5.8cm 处)之间约 3.3cm 的区域内移动,所以要用滑轮和齿轮等机械装置进行减速。光拾音臂必须平滑而精密地移动。因此,在送进伺服中也要采用和信号坑的跟踪伺服相同的机构。在选曲时光拾音器必须用几秒的时间就能在录有乐曲的 3.3cm 的区域内完成快速移动的过程。被选曲目的序号以及该乐曲起始位置和光拾音器移动时所需的信息等全部都记录在副码中,这时要根据上述信息得出检测信号,馈给送进

伺服机构,从而使光拾音器准确到达目的点。

如上所述,在唱片与光拾音器之间要进行伺服,例如,为了使激光点稳定地照射在唱片的信号记录面上,还需要有聚焦伺服;为了正确地对信号坑进行扫描循迹,需要有跟踪伺服;为了使电动机按正确的旋转数旋转以使唱片与光拾音器的位置对应,需要有电动机伺服。此外,为了使光拾音器在希望的位置上进行存取,还需要送进伺服。唱片和光拾音器的关系,就是由这四种伺服来维持的。

一般而言,拾音器的物镜与唱片表面之间保持 1mm 的间距,并在放唱时保持平稳地运动。这样,光拾音器与唱片的关系就不容易受到外部振动的干扰。CD 系统正是利用这种非接触存取来确保整个系统性能的稳定性,并改善操作性能进而提高系统寿命的。

4. 输出波形的整形

光检测器的输出被馈入到前置放大器,并在这里进行波形整形。由于激光在唱片信号面的反射率及光通过聚碳酸酯时的透射率乃至信号坑的深度等的误差,激光从唱片折回的强度是不一样的,往往会有相当大的变动。尽管有这种变动,但只要能确切地检测出信号坑的有无以及信号坑的长度,就可以通过波形整形而得到完整和理想的信号。首先要使信号的大小一致,消除噪声以及相邻信号坑间的干扰,校正信号的失真。

5. 信号的规范化

前置放大器的输出再馈入到数字选通电路。该电路可以正确地识别从 $0.9\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$... 到 $3.3\mu\text{m}$ 的变化的九种信号坑的长度,以及信号坑之间的距离。例如, $0.9\mu\text{m}$ 或 $1.2\mu\text{m}$ 长的信号坑并不是严格地按照这些数值

来刻蚀的,实际长度可能会稍长些或稍短些。因此,必须通过检测和调节把这种不准确的长度转换成规范化的信号坑长度。然后,用电路来计算信号坑的长度与它们之间的间距。对于属于标准的基准时间,则要用由晶体产生的时钟脉冲进行计算和测定。该时钟脉冲的频率为 4.3218 MHz 。

6. 信号的处理

从前一级的数字选通电路输出的信号不过是反映信号坑的有无,即电流的“断”、“续”的信号行而已。为了根据该信号行重新还原出原来的音频信号行,首先必须寻找出数字信号的包络。在包络线上编入有特殊脉冲宽度的数据,以便于识别。这样对从不同包络取出的编码行,还有必要纠正在从唱片读出编码的过程中产生的编码失落和错误。这时,为了纠错,应使排列更改过的编码复原,依靠为检测错误而附加的编码找出错误,并予以纠正。对于那些超越纠正能力(即无法纠正)的错误则可以根据前后信号的大小进行类推加以补充。接着进行解调,以使激光能容易地在信号坑上循迹。这样,就可以重现正确的音频数字信号了。

7. 数字/模拟变换

正确排列好的音频数字信号被输入到数字/模拟转换电路(D/A转换器)中。在CD系统中,数字信号为16 bit,所以要用相当高的精度(误差为0.0007%)得到65536种模拟信号输出。最简单的D/A转换器如图1-2所示,用晶体管制成的开关根据提供的16 bit的数字数据的“0”和“1”进行开或关。流经该开关的电流按2的倍数加重,例如,假设输入第1 bit时,流通的电流为1 mA,那么在第2 bit时为1 mA的二分之一,即0.5 mA,在第3 bit时,又为0.5 mA的二分之一,即0.25 mA,以此类推,依次按二分之一加重直至第16 bit。

电源电流在第 14 bit 时为 $0.0001220703125 \text{ mA}$ ，在第 16 bit 时实际为 $0.000030517578125 \text{ mA}$ 。通过这 16 种电流的各种组合，可以得到 65536 种输出信号。

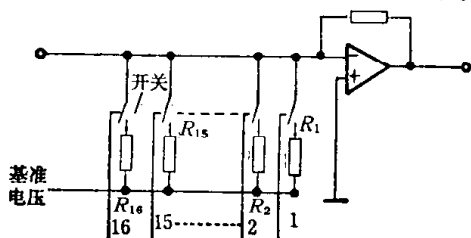


图 1-2 D/A 变换器

如果要在实际电路中实现该电流值，以施加的基准电压为 10 V 来计算，则电路中的 R_1 应为 $10 \text{ K}\Omega$ ， R_2 应为 $20 \text{ K}\Omega$ ， R_{16} 则为 655.36

$\text{M}\Omega$ 。实际上，要有这些电阻值几乎不可能。这里虽然介绍了 D/A 转换器的原理，但要实现这一原理，还需要各种各样的电路，目前实用的电路有积分方式和 DEM 方式等。

用 D/A 转换器变换成模拟方式的信号还需要时间再变成与输入的数字信号对应的正确的值。用孔径电路取出该稳定部分的电压。在该电路的输出中，除目的信号外，还含有许多高频成分。因为这些高频成分已超过可听频带，所以即使不用滤波器除去，在重放时也不会有多大的影响。但是，在后续连接的高频电路若有一点非线性失真，就会产生交扰调制失真和差拍干扰，所以要得到高质量的音频信号，还应接入低通滤波器。

通过上述电路，刻录在唱片上的数字信号最后被变换为模拟信号，然后用模拟的放大器放大，通过扬声器就可以欣赏到悦耳的音乐了。

第三节 CD 唱机的种类

在飞利浦公司和索尼公司联合开发 CD 唱机的同时，其

他公司也在尝试应用脉冲编码调制的方法开发数字音频唱片，例如联邦德国德律风根公司和日本松下公司开发了机械式的数字音频唱片系统，日本胜利公司开发了以激光刻录而用电容方式放唱的 VHD/AHD 系统。但 CD 唱机在数字音频唱片技术以及开拓市场的竞争中独占鳌头，一举称霸，并且于 1982 年被推荐为国际标准。近年来，有关 CD 唱机的技术发展迅速，产品的成本和价格有所下降，销售形势甚佳。生产厂商一面努力提高 CD 系统的性能，一面尽力于 CD 新产品的开发。目前，世界各国已有 30 多个厂商生产 CD 唱机，CD 唱机已发展为十大电子耐用消费品之一。

1. 普通型 CD 唱机

普通型 CD 唱机是为一般家庭的音乐欣赏而设计的，它从档次上可分高、中、低三档，从外型上分小型、组合型和分体型，此外还有单功能和多功能之分。小型 CD 唱机的宽度为 320 mm，它作为普及型机种，价格不断下降，在国外家庭中的普及程度较高。组合型机宽度为 430 mm，用于音响组合装置或家用声像组合装置中，与收音调谐器、磁带录音座、放大器以及扬声器等配接，它的电性能要高于小型机种。此外，家用分体型 CD 唱机也相继应市，它一般分为两个壳体，其中一个装载唱盘运转机构、光学拾音器、传动机构以及全部数字信号处理电路，另一个则装有数/模变换单元和音频放大输出单元。由于在两个壳体内分别配有独立的电源系统，所以消除了转动唱盘对音频的影响，而且把数字电路和模拟电路通过电源而产生的干扰降低到最低限度，从而提高了整个 CD 系统的性能。目前生产的家用 CD 唱机大都用 10 个控制键，以简化使用时的操作步骤，微机控制的方式也将得到实用。

2. 专业用 CD 唱机

专业用 CD 唱机主要用于广播播音和 CD 唱片的检测等领域,它与普通型 CD 唱机在结构上并无多大差异,但在选曲精度、检索功能和可靠性方面要求更高。普通型 CD 唱机选曲是以秒为单位的,而专业型 CD 唱机选曲是以“圈”为单位的,精度和准确度要高得多。专业用 CD 唱机有落地式、台式和分体式之分。落地式占用的空间较大,但其质量较高而且功能齐全。分体式专业用 CD 唱机是把控制单元与主体单元分成两部分,主体单元包括唱盘、光拾音器、数字音频和模拟音频输出的全部电路。在放唱时,可以用一台控制单元操作几台主体单元协调放唱,在广播播音的节目编辑播放中较为实用。

3. 汽车 CD 唱机

1984 年,日本索尼公司开发了汽车 CD 唱机 CDX-5,为汽车提供了新的音乐源。一般而言,汽车上留有 180 mm、高 50 mm 的空间装设音响设备,制作汽车 CD 唱机首先必须以这一空间为依据,力求做到小型化。为此,索尼公司开发了一系列 CD 专用 CMOS 超大规模集成电路,有的集成电路包含 42000 个元件。由于考虑到汽车中由上下、左右与回转时的离心力所产生的振动,极易造成光拾音器偏心,致使信号失真,所以设计汽车 CD 还要顾及防震问题。在耐热防尘方面,工程师们也采取了相应的措施。目前市场上已有多种型号的汽车 CD 唱机,如索尼 CDX-R7、先锋 CDX-1 等。为了便于司机操作,汽车 CD 唱机主要操作部件均设在面板上。有关厂商正在研制带收音机的汽车 CD 唱机。

4. 伴唱型 CD 唱机

伴唱型 CD 唱机由换片型 CD 唱机附加特定电路单元和输入话筒构成,它和伴唱型磁带录音座一样在群众娱乐场所

较为盛行,现在简易式的伴唱型 CD 唱机开始进入家庭,受到青年人的欢迎。

5. 自动换片型 CD 唱机

为了在长时间放唱中省去人工换片的麻烦,日本松下公司和东芝公司等研制出能自动换片的 CD 唱机,这类唱机结构复杂,价格昂贵。东芝公司的 XR-VIIW 型 CD 唱机具有两套唱盘机构,同用一只光拾音器在两者之间移动,选择拾取信号,因而可连续播放两张 CD 唱片,由于具有两套选曲系统,所以选曲很方便。

6. 便携式唱机

这类唱机的体积很小,例如日本索尼公司在 1984 年推出的 D-50 MKII 型机种,体积仅为 $125.9\text{ mm} \times 125.9\text{ mm} \times 27\text{ mm}$,重 510 g (另外配备电池盒),可用背带挂在肩上或夹在腰带上,一边走一边用立体声耳机欣赏音乐。便携式 CD 唱机价格低廉,功能也不比一般 CD 唱机差,所以市场前景可观。为了进一步缩小这种 CD 唱机的体积,有关厂商正考虑生产更小尺寸的 CD 唱片(直径 75~80 mm)。

7. 声像两用型 CD 唱机

这种唱机既能放 CD 唱片又能放电视唱片,因为 CD 唱片和电视唱片都是用光检拾方式,所以尽管两者在唱片尺寸、伺服种类以及电路方式等方面有所不同,但仍然能制成两用型唱机。日本先锋公司生产的 CLD-9000 型机种采用小型半导体激光器制成光拾音器,据根唱片类型改变唱盘驱动电动机的转速,能稳定而可靠地播放 CD 唱片或电视唱片。

8. 收录、CD 组合机

这种复合机种是将 CD 唱机装入收录机而构成的。目前上市的有索尼公司开发的 OFD-5 型收录 CD 唱机。它的磁