

科学丛书

图解

CD制激光 数字唱片系统

中島 平太郎 小川 博司 著



CD

科学出版社

OHM 社

责任编辑 徐津津 樊友民
装帧设计 陈文鉴

图解 设计表示图法入门
图解 店铺的规划与设计
图解 小型空调器—使用、安装与维修
图解 数字磁带录音机
图解 数字音响技术
图解 CD 制激光数字唱片系统

OHM

科学丛书

ISBN 7-03-004677-3/TP·431

定 价：24.00 元

OHM 科学丛书

图解 CD 制激光数字唱片系统

中岛平太郎 著
小川博司

袁 橹 林 译

赵 卫 滨 校

科 学 出 版 社

OHM 社

1996

(京)新登字 092 号

Original Japanese edition

Zukai Konpakuto Disuku Dokuhon (Kaitei 2-han) by

Heitaro Nakajima and Hiroshi Ogawa

Copyright © 1988 by Heitaro Nakajima and Hiroshi Ogawa

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd.

and Science Press

Copyright © 1995

All rights reserved.

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

図解コンパクトディスク読本(改訂2版)

中島平太郎 小川博司 オーム社 1988

OHM 科学丛书

图解 CD 制激光数字唱片系统

中島平太郎 著

小川博司

袁 楷 林 译

赵 卫 滨 校

责任编辑 徐津津 樊友民

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

新华公司 激光照排

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1996 年 1 月第 1 版 开本: 850×1168 1/32

199 年 1 月第一次印刷 印张: 9 1/8 插页: 2

印数: 1 2000 字数: 233000

ISBN 7-03-004677-3/TP·431

定价: 24.00 元

原 序

CD 制数字唱片及其唱机是在 1982 年 10 月上市的。在经过了 5 年的今天，CD 唱片正在迅速地取代密纹唱片，并且还推出了传统模拟唱片所不能设想的便携用或室外用的产品如带有 CD 唱机的收录机、车载 CD 唱机与 CD 随身听等，进一步扩大了利用领域。1984 年上市了作为当时来说价格是极为便宜的便携式 CD 唱机，以此为契机超小形化就成了推动需求急剧扩大的原动力之一。自那时以来，CD 呈现了廉价普及机与优质高保真机两极分化的趋势，并且都分别在技术与销量两方面取得了扎实的进展。与此同时，着眼于光盘具有记录容量大与访问速度快这两大优点，于 1983 年制订了作为只读存储器来用的 CD-ROM 规格，1986 年制订了能够同时记录声音、图像与数据的 CD-I 规格，继而又于 1987 年又制订了记录 5 分钟活动图像与 20 分钟数字音响的 CDV 规格以及使用 8cm 小唱片的 CD-Single 规格。它们都已商品化，正在广泛普及之中。

细想起来，从开发过程到商品化、再从商品化到现在，CD 唱片与 CD 唱机所凝聚的数字技术、光学技术、半导体技术与塑料技术等等，其涉及领域之广、质量之高与数量之大，都是非同小可的。正是这些技术使得 CD 确立了今天的市场地位，并将支持 CD 及其派生物向着明天的展开。本书的第一版是在 1982 年 CD 上市时基本上与之同步发行的，从技术已有很大进展、应用范围更加扩大的今天看来，构成该书骨架的基本事项虽无改变，有些部分

却已然陈旧了，并且还有一些值得补充进去的新的事项。仅在短短的 5 年间就发生了如此之大的变化这一点，对于奠基在高技术之上的系统来说该是一种必然的经历。我们很早以来就感到有必要加以补充与修订而在考虑着何时来做比较合适。由于认为目前的时机恰好，遂决定发行这个第二版。

修订时，鉴于所涉及的技术内容十分广泛，所以是请各技术部门的多位同仁提供的资料。其中尤以索尼公司技术研究所山本真伸氏、光器件事业部新谷贤司氏与 CD-ROM 事业部铃木晃氏三位出力最多，仅借此纸面深致谢意。

1988 年 3 月

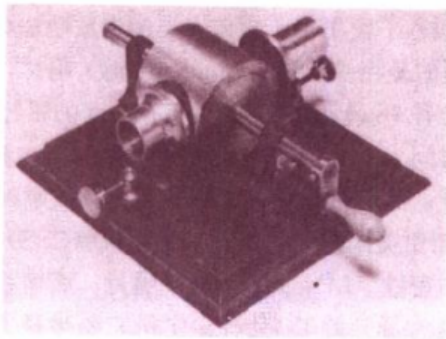
著者 识

序章 唱片的变迁

1982年10月，在这个世界上出现了称为CD（Compact Disc，直译是“小型唱片”）的唱片。这一章将先回顾一下唱片从爱迪生的发明起、到CD为止的演进情况。

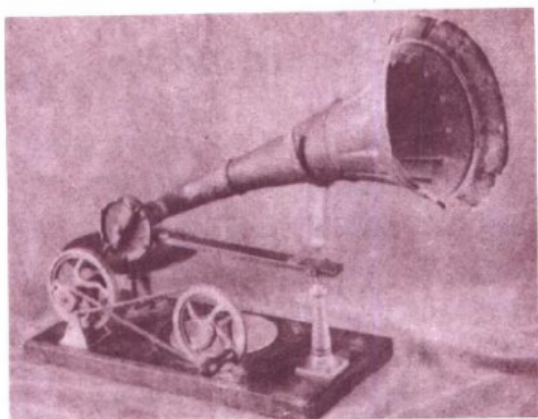
序.1 唱片的变迁

“留声机”历史开始于1877年8月。在这个值得纪念的年月，著名的托马斯·爱迪生组装出圆筒式留声机原型（图序.1）。它是一台把锡箔缠在刻有螺旋槽的圆筒上、使之对应于声波的强弱留下深浅痕迹的机器。放唱时用唱针在声槽中循纹，用号筒来对唱针振动所产生的声音加以增强。爱迪生把它命名为“phonograph”——据说在希腊语中是“写音器”的意思。不过，这种方式的唱片（准确地说应该是“唱筒”）难于复制，因而尽管取得了作为留声机鼻祖的高度评价，却在工业化这一点上卡了壳而终于未能开花结果。



图序.1 爱迪生发明的圆筒式留声机

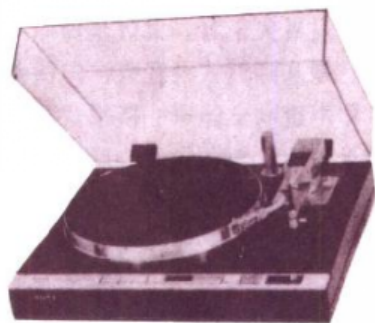
后来于 1890 年由埃米尔·伯利纳发明了用圆盘状媒体来录音的方法（图序·2），并于 1902 年在美国市场上推出了圆盘式留声机。所用的圆盘已和今天的唱片相同，也是在圆盘的同心槽处刻有与声音强弱相对应的声槽。当时是远在发明电子管之前，声音当然是用机械手段刻出来的，以吸音箱（sound box）取出声音，再用号筒予以增强。唱片的复制比“唱筒”容易得多，很适于大量生产，于是圆盘式迅速开始普及。



图序·2 伯利纳发明的圆盘式留声机

1926 年引入了使用电子管放大器的电放唱法，是向电唱机过渡的一年。用的是粗纹（SP：standard play）唱片，声槽刻纹条件是转速为每分钟 78 转、使用曲率为 $63.5\mu\text{m}$ 的唱针， $\varnothing 30\text{cm}$ 唱片的一面放唱时间为 4~5 分钟。唱片用天然树脂虫胶制造，因而又称为虫胶唱片。其后就提高放唱音质与延长放唱时间进行了不断研究，1948 年由美国的哥伦比亚广播系统（CBS）开发出了以聚氯乙烯制作的密纹（LP：long play）唱片。声槽相当微细，其刻纹条件是转速为每分钟 $33\frac{1}{3}$ 转、使用曲径半径为 $25.4\mu\text{m}$ 的唱针， $\varnothing 30\text{cm}$ 唱片的一面放唱时间达到了 20~30 分钟。此外，在

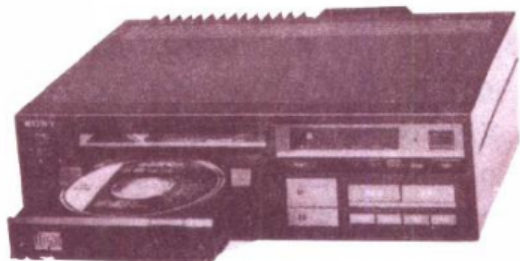
1949 年美国无线电公司 (RCA) 还推出了转速为每分钟 45 转、直径为 17cm、中心孔直径约为 3.8cm 的**大孔密纹** (EP: extended play) 唱片, 一面放唱时间约为 10 分钟。1957 年是现行放唱立体声用 **45-45 方式** 实用化的一年。它是把左右两声道信号分别独立地录在声槽的倾斜角为 45° 的两个槽壁, 内侧槽壁为左声道, 外侧槽壁为右声道 (图序. 3)。正好在这一时期立体声磁带录音机也实用化了, 于是被作为给主盘刻纹用的原版录音机引进进来, 使软件制作技术有了很大的进展, 面貌为之一变。它使得多话筒拾音、调音、根据录音信号强弱来改变声槽间隔的可变节距刻纹方式等都成为可能, 能够以更长的录音时间更加忠实地录下振幅更大的信号了。



图序. 3 密纹唱片用模拟式立体声电唱机

然后是在 1977 年亦即刚好是在爱迪生发明了圆筒式留声机之后的第 100 年时, 开发出了能够以数字方式来录放的系统。以高音质长时间放音是音响爱好者长期以来的梦想, 终于通过数字信号处理使密纹唱片未能实现的这个梦想成为了现实。这种系统经过制式规格的制订、数字电路的大规模集成化、唱片生产工艺的改进等阶段, 在 1982 年实现了商品化——这就是 CD 制数字音响系统 (图序. 4)。其后, CD 软件的品种与数量逐年急剧增多, 唱

机价格逐年急剧下降,到1986年时CD制的唱片与唱机在销量与销售额两方面都超过了密纹唱片及其唱机,密纹唱片正在迅速被CD唱片所取代。



图序.4 1982年10月上市的CD唱机

从唱片的百年发展史来看,大致是每隔1/4世纪就有一次换代性的大突破。它是从圆筒式录音媒体向圆盘式媒体、机械式留声机向电唱机、单声道向立体声、模拟式向数字式这样地换代而扎扎实实地发展过来的,预计它在今后也会这样地发展下去。

序.2 软件的变迁

粗纹唱片时代的硬件是从留声机过渡到电唱机,而这两个时期都属于跳舞音乐向全世界推广的时代。由粗纹唱片把法国的大众歌曲(chanson)、阿根廷的探戈、维也纳的华尔兹等原本只是由当地的人们边歌边舞的一些音乐推向了全世界,从而使全世界的人们也享受到了它们的乐趣。在音乐文化史中粗纹唱片所起的这个作用,是必须给予高度评价的。

到了二十世纪50年代,开盘式磁带录音机与密纹唱片基本上同时实用化的,从而不久就进入了立体声高保真时代。原有的软件制作方式在引进了开盘式磁带录音机之后发生了根本性变化:单点拾音变为根据乐器来分别配置话筒的多点拾音,显著地

加大了调音的作用,从而加大了对声音进行加工的比重。此外,由于密纹唱片的出现,一面的放唱时间由3~4分钟成为20~25分钟,加长了将近一个数量级。当录音方法与录音媒体有了如此的改变时,必然就要使软件本身发生变化。于是,软件的作用就从以提供伴舞音乐为中心变成了供人欣赏音乐的音乐节目源。结果是激发了一些新流派的音乐创作,音乐的种类大为丰富起来,提高了音乐的品味,显著地增加了音乐人口。

到了1970年,盒式磁带录音机加入到音响世界中来了。它的音质虽然赶不上密纹唱片,却具有能放能录、操作方便以及可以携带到任何地方去的特长,因而扩大了欣赏音乐的场所,增加了喜欢音乐的阶层。密纹唱片与盒式录音带各有所长也各有所短,而正是它们相辅相成的发展才使得音乐文化与音乐产业达到了今天这样的昌盛局面的。

然后则进入了数字时代。1982年上市了CD制数字音频唱片系统,在1987年DAT制数字磁带录音系统也进入了市场。数字化的五大特长是:①高保真化;②高密度化(以小型媒体而能进行长时间的录放);③售价与运用成本都很低廉;④操作性极好;⑤多功能化。通过巧妙而充分地调动这些特长,将使唱片与磁带的软件具有比模拟时代的密纹唱片与盒式录音带更大的魅力。正像粗纹唱片与密纹唱片曾经分别开创了音响的新天地一样,高保真化与高密度化的CD与DAT这对数字搭当也会从根本上改变音响的制作与欣赏的方式、并进而改变软件的内容与音乐产业的面貌的。低廉化与操作性的提高,预计将会使音响爱好者的人数有一个飞跃性的增大。虽然爱好音乐、想欣赏美妙的声音,但过去却常常因为操作复杂、连接起来费事而使这种乐趣受到了妨碍。经数字化以后,这些因素就不复存在了。结果将是不问男女老幼,也不论是何时何地,该都能够自由地享受到美妙的音响的。至于能把声音、图像与数据都能收进同一媒体的同一场所的多功能化这个特长,则在我们的生活方式与兴趣爱好正在改变的情况下,是

必会为我们提供出在形态上与前此不同的新软件的。那些作为CD制的派生物而制订了规格的系统，如用作计算机外存的CD-ROM、能以相互方式和音响、图像、数据打交道的CD-I、带画面的CD-CDV、尺寸更小的CD-Single（8厘米CD唱片）以及可录CD等，这些媒体的今后发展看来将取决于往里边装的是什么样的信息。

让我们一起来对发挥了数字化的特长而具有更大魅力的软件的出现寄予期待吧。

目 录

序章 唱片的变迁	vii
序.1 唱片的变迁	vii
序.2 软件的变迁	x
第1章 何谓CD制	1
1.1 能用很小的唱片重放60分钟以上	1
1.2 为什么只是一张唱片就能放唱1小时以上	2
1.3 用0与1的信号来记录声音	4
1.4 抵抗尘埃与划伤的能力很强	6
1.5 CD制的拾音器没有唱针	7
1.6 起唱针作用的激光光束	10
1.7 CD制的频率特性	13
1.8 CD唱片的内外圈转速不同	16
第2章 数字化的历程	21
2.1 数字音响的历程	21
2.2 数字化的好处	30
第3章 数字音频唱片(DAD)的诞生	55
3.1 追赶着视盘出生	55
3.2 数字音频唱片的标准化	65
3.3 CD制的主要规格	76
第4章 唱片的构造	83
4.1 唱片的形状与所用材料	83
4.2 主盘预制	85

4.3	唱片的制造方法	91
4.4	信号坑的形状	96
第5章	信号的机制	103
5.1	为什么必须进行纠错	103
5.2	如何纠错	106
5.3	CD 制的纠错码 (CIRC)	111
5.4	为什么必须进行调制	127
5.5	CD 制的调制方式 (EFM)	130
5.6	信号格式	134
5.7	子码	137
5.8	CD-ROM 的格式	142
5.9	CDV 的格式与信号处理	145
第6章	唱机的机制	153
6.1	唱机的结构	153
6.2	光学拾音器的功能	155
6.3	射频信号的整形	156
6.4	不对称校正与时钟重建	160
6.5	数字信号处理与存储器的功能	162
6.6	循迹伺服机构	163
6.7	对焦伺服机构	169
6.8	转速伺服机构	173
6.9	CDV 唱机的结构	178
第7章	CD 唱机的实际	185
7.1	唱机的构造	185
7.2	模拟 IC	186
7.3	数字 IC	189
7.4	D/A 变换器	194
7.5	滑动进给机构与访问	202
7.6	光学拾音器	206
第8章	CD 的享用方法	225
8.1	CD 制特点小结	225

8.2 各式各样的CD唱机	230
8.3 CD的运用	239
8.4 CD的附加功能	242
第9章 CD制的派生制式	251
9.1 CD制的发展形式	251
9.2 CD-ROM	254
9.3 CD-I	260
9.4 CDV	265
9.5 CD-Single (8厘米CD)	268
9.6 可录的CD	269
索引	273

第 1 章 何谓 CD 制

所谓 CD 制是指一种数字音频唱片 (DAD) 及其唱机的制式, 这种制式的唱机是以非接触方式用光线来使直径 12cm 的小型唱片重放出 1 小时以上品质极高的音响。

在这一章里, 将简单地谈一谈 CD 制的种种特点。

1.1 能用很小的唱片重放 60 分钟以上

CD 唱片的直径是 12cm 而密纹唱片是 30cm, 所以 CD 唱片的拿放都很方便 (图 1.1)。

这种小型唱片不仅便于拿放, 还能装进上衣口袋里去, 存放时也占不了多大空间。

单纯地进行面积对比的话, CD 唱片只是密纹唱片的 $1/6$ 左右。那么, 是否它的放唱时间也只是密纹唱片的 $1/6$ 呢? 不是的, CD 唱片的单面放唱时间是长达 1 小时以上。

不过, 密纹唱片的一面放完了之后, 可以把它翻过来再放另一面, 这就是说它是两面重放方式, 而 CD 唱片却是设计成单面重放方式的。这是因为 CD 唱片的信号不像密纹唱片那样记录在表面而是记录在唱片之内 (在第 4 章讲)、难于用一道工序做出两面唱片的缘故。话说回来, 如果像激光视盘那样把两张单面唱片背靠背地粘成一张, 当然也能做成两面重放方式, 不过 CD 唱片不需要很麻烦地去翻片就能用单面重放 1 小时以上, 应该是足可使人



图 1.1 密纹唱片与CD唱片

满意的。

在第3章里会说明把这种直径为12cm的唱片的单面放唱时间取为1小时以上的理由。

1.2 为什么只是一张唱片就能放唱1小时以上

首先，请看一下普通密纹唱片与CD唱片的显微镜照片（图1.2，图1.3。这两张照片的放大倍数是不同的，密纹唱片照片要