

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 98807275.0

G11B 7/007 (2006.01)

G11B 7/24 (2006.01)

G11B 15/04 (2006.01)

G06F 12/14 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1269115C

[22] 申请日 1998.7.14 [21] 申请号 98807275.0

[30] 优先权

[32] 1997. 7. 14 [33] KR [31] 32576/97

[86] 国际申请 PCT/KR1998/000209 1998.7.14

[87] 国际公布 WO1999/004392 英 1999.1.28

[85] 进入国家阶段日期 2000.1.14

[71] 专利权人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

[72] 发明人 吕運盛

审查员 姜 海

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 韩 宏

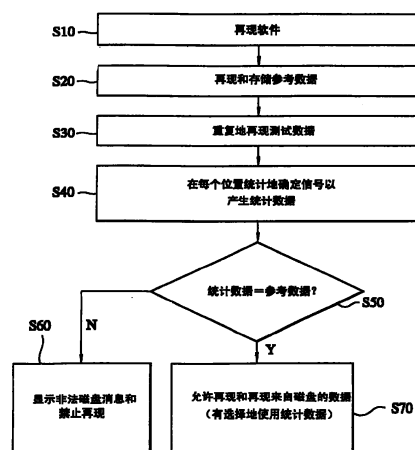
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 10 页

[54] 发明名称

光盘的复制保护系统和方法以及复制受保护的光盘

[57] 摘要

一种用于对光盘上的包括改动的第一信号的光盘记录测试数据进行复制保护的方法和装置，当再现时，这些改动的第一信号中的任意多个信号被再现为第二信号。第一和第二信号都代表在连续的一之间具有至少两个零的数据。用于光盘鉴别和再现的方法和装置通过重复再现测试数据生成测试数据的统计形式。如果测试数据与有可能也记录在光盘上的参考数据匹配，则该光盘被鉴定。一旦光盘被鉴定，则允许光盘的再现。如果测试数据形成再现数据的一部分，则将统计数据作为再现数据输出。



1、一种以复制受保护的形式在光盘上记录数据的方法，该数据包括第一、第二及其它信号，该方法包括：

对所述第一信号进行改动以生成改动后的数据，通过改变所述第一信号的长度，使得当所述改动后的第一信号被再现时，至少一个所述改动后的第一信号被错误地再现为第二信号；和

在光盘上第一次记录所述改动后的数据。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中所述改动步骤将所述第一信号的前沿和后沿中的至少一个提前和/或延迟。

3、如权利要求 1 所述的方法，其中所述改动步骤在时间域中将所述第一信号的一部分缩短或延长。

4、如权利要求 1 所述的方法，其中

所述第一和第二信号的不同在于：当记录时，形成所述第二信号的一部分的凹坑比形成所述第一信号的相应部分的对应的凹坑长；和

所述改动步骤对每个第一信号进行改动，从而当记录时，形成所述改动的第一信号的所述相应部分的所述对应的凹坑是增长的。

5、如权利要求 1 所述的方法，其中

所述第一和第二信号的不同在于：当记录时，形成所述第二信号的一部分的凹坑比形成所述第一信号的相应部分的对应的凹坑短；和

所述改动步骤对每个第一信号进行改动，从而当记录时，形成所述改动的第一信号的所述相应部分的所述对应的凹坑是变短的。

6、一种以复制受保护的方式在光盘上记录数据的设备，所述数据包括若干个第一、第二及其它信号，该设备包括：

光盘记录装置，包括调制器，其中该调制器通过改变所述第一信号的长度，改动记录数据中包括的第一信号，并将包括改动的第一信号的记录数据记录在该光盘上；及

控制器，用于控制该调制器的操作；

其中当再现所述改动的第一信号时，所述改动的第一信号中的至少一个被错误地再现为第二信号。

7、如权利要求 6 所述的设备，其中所述改动的第一信号通过所述第一信号的前沿和后沿中的至少一个被提前和/或延迟而被改动。

8、如权利要求 6 所述的设备，其中所述改动的第一信号通过在时间域中的所述第一信号的一部分缩短或延长而改动。

9、如权利要求 6 所述的设备，其中

未改动的第一信号和所述第二信号的不同在于：当记录时，形成所述第二信号的一部分的凹坑比形成所述未改动的第一信号的相应部分的对应的凹坑长；和

所述控制器控制所述光盘记录装置以记录所述改动的第一信号，从而当记录时，形成所述改动的第一信号的所述相应部分的所述对应的凹坑变长。

10、如权利要求 6 所述的设备，其中

未改动的第一信号和所述第二信号的不同在于：当记录时，形成所述第二信号的一部分的凹坑比形成所述未改动的第一信号的相应部分的对应的凹坑短；和

所述控制器控制所述光盘记录装置以记录所述改动的第一信号，从而当记录时，形成所述改动的第一信号的所述相应部分的所述对应的凹坑变短。

光盘的复制保护系统和方法 以及复制受保护的光盘

本发明涉及一种光盘的复制保护系统和方法，以及一种复制受保护的光盘。

自 1981 年以来，已经研制和生产出如 CD（小型盘）这样的光盘。由于光盘的存储容量大，因此这种光盘的使用和产量都急剧地增长。光盘除了存储容量大以外，还能够实现以相对低的成本复制信息并同时保持信号质量基本上与被复制的盘相同。

由于制作成本低廉，所以现在几乎对于任何人都可以容易地生产光盘。不幸地是，生产包含有价值软件的光盘的非法复制品也变得更容易。这导致了软件业的巨大经济损失。非法复制也对软件的开发造成了不利的影响。即：公司越来越不愿意在软件的开发上投入大量的时间和资金。

已经提出了各种技术来防止非法复制光盘。这些技术包括：在光盘上设置使用全息技术，在光盘上使用所记录的添加到软件上的序列号，和运行光盘上的该软件时要求用户输入识别号码或口令。然而，这些技术被证明是无效的，并且不利地是还增加了光盘的制作成本。

本发明涉及一种对一光盘进行复制保护的方法和设备，其中包括改动的第一信号的测试数据记录在光盘上，从而当被再现时，这些改动的第一信号中的任意一些被当作第二信号进行再现。该第一和第二信号都表示在连续的一之间具有至少两个零的数据。

本发明还涉及一种光盘鉴别和再现的方法和装置。通过经重复的测试数据的再现而生成测试数据的统计形式对光盘进行鉴别。如

果测试数据与参考数据匹配，该参考数据可能也记录在光盘上，则该光盘被鉴定。一旦被鉴定，该光盘的再现是被允许的。如果测试数据形成再现数据的一部分，则该统计数据作为该再现数据被输出。

本发明还涉及一种光盘，该光盘根据本发明是复制受保护的。

从下文的详细描述，并结合仅作为示例用的附图的详细说明，本发明将变得更加容易理解，不同的附图中的相对应部分使用同样的标号，其中：

图 1 是 8—14 位转换表；

图 2 是采用按照本发明的复制保护方法的主控系统的实施例；

图 3 是按照本发明的复制受保护的光盘；

图 4A—4E 是根据与本发明相应的对比试验和各次试验结果，从小型盘读取的信号分布；

图 5 示出从根据与本发明相应的对比试验和各次试验而制作的光盘再现的信号中的误差的频率；

图 6 是相关的信号对；

图 7 是按照本发明的光盘再现装置；

图 8 是按照本发明的光盘鉴别方法和数据再现方法的流程图；

图 9A—9C 是在执行图 8 的流程图的方法过程中所产生的参考和再现数据的部分。

通过 8—14 变换，即：EFM（八到十四变换）完成在小型盘上记录信号。8—14 变换将 8 位信息转换为 14 位信息。传统的 EFM 变换生成在小型盘上记录的信号，其中“1”不连续地出现，在每个“1”之间有两个至十个“0”。为了满足这个信号规则，当连续写入时，在分开的 14 位信号之间，通过 8—14 变换而转换的 14 位信号可以有 3 位信号（称作“合并位”）。

图 1 示出一个 8—14 位变换表。如图所示，小型盘上包含的信号可以根据位于连续“1”之间的“0”的数目而区别。因此，信号

可以分成 9 类，从在每个“1”之间具有两个“0”的最短信号（称作“3T”）到每个“1”之间具有十个“0”的最长信号（称作“11T”）。

相反地，记录在小型盘上的该 14 位信号在再现时，通过读取连续“1”之间的“0”的数目恢复为 8 位信号。当在两个“1”之间（“信号长度”）的间隔中检测到一个差异时，识别出一个误差。

在上述的 8—14 变换中，由于与原始信号不同的信号可以被再现，所以如果信号长度改变了，则在确定再现信号的过程中，信号长度是一个重要的因素。经过研究，本发明人发现，如果记录在小型盘上的信号的一部分在制作模子（用于制作光盘的母盘）的过程中发生了改动，则在再现期间可能或不会产生误差。

通过对这些误差进行经验性地研究得到的结果，本发明人确定一些 8 位信号与 14 位信号有联系，该 14 位信号与另一些 8 位信号的 14 位信号非常相似。例如，8 位信号 1011010 转换成 14 位信号 10010000000100，而 8 位信号 1111010 转换为 14 位信号 10010000000010。在这两个 14 位信号中，在第二个“1”和第三个“1”之间的“0”的数目分别是 7 和 8，而这两个 14 位信号的其它部分是相同的。当 14 位信号被写入到小型盘上时，上述两个信号具有一个 8T 对 9T 的差别。换言之，第一个 14 位信号等于 3T8T，其类似 3T9T 的第二个 14 位信号。此外，在第三个“1”之后的信号长度不被认为是重要的，因为它是根据合并位而变化的。

从上述两个信号的结构推导出下列特征。第一，假定信号 A 代表第一个 8 位/14 位信号 1011010/10010000000100，而信号 B 代表第二个 8 位/14 位信号 1111010/10010000000010。在信号 A 中，在 14 位信号中“1”之间“0”的数目是 2 和 7，而在信号 B 中，在 14 位信号中“1”之间“0”的数目是 2 和 8。包含在小型盘上的信号具有与连续“0”的数目相应的运行长度。换言之，当信号 A 从盘上再现时，从 14 位信号解调的该 8 位信号是“1011010”，当信号 B

从盘上再现时，从 14 位信号解调的该 8 位信号是“1111010”；根据在第二个“1”之后“0”的数目，即 7 个或 8 个“0”，确定该 8 位信号。通过使用上述特征，有可能使得从再现信号解调的 8 位信号变形，从而当 8 位信号被复制到另一个盘上时，可以确定该复制磁盘是否是一非法复制。

图 2 示出采用根据本发明的复制保护方法的主控系统的实施例。在优选实施例中，图 2 中的该主控系统 10 是依据具有由 Dong Carson & Associates(DCA)生产的 MIS V6 模块的第一光学技术的 Uni3000 主控系统。由 DCA 制作的该 MIS V6 模块使得操作员能够编辑不同运行长度的脉冲。即：当控制小型盘和数字通用盘时，该操作员可以设置前沿和后沿的超前/延迟，也可以设置每个运行长度的脉冲幅度。该主控系统 10 记录来自模子 14 上的源 12 的数字数据。该模子 14 然后被用于标准光盘形成过程以制作光盘。

如图 2 所示，该主控系统 10 包括：光束记录器（LBR）控制器 18，其根据经由用户接口 16 所接收用户输入来控制 LBR 20 的操作。该 LBR 20 包括：至少一个在模子 14 上记录数据的光学调制器 22，和一个在记录过程中使模子 14 旋转的电机 24。

在操作中，用户经由用户接口 16 指示 LBR 控制器 18，以通过采用本发明的复制保护方法记录从源 12 所接收到的数字数据。该 LBR 控制器 18 控制该 LBR 20，从而按照本发明的复制保护方法记录来自源 12 的数字数据。

图 3 示出按照本发明的复制保护方法其上记录有数据的光盘。如图 3 所示，该主控系统 10 将数字数据记录到模子 14 上，从而利用模子 14 制作的光盘 50 包括软件 52、参考数据 54、改动数据 56 和其它数据 58。其它数据 58 是存储在光盘 50 的主存储区域中的主数据。软件 52 记录在光盘的最内圈上。软件 52 包括初始化或自动执行程序，并且该初始化或自动执行程序包括根据本发明的盘鉴别

程序。按照本发明的盘鉴别方法将在以下部分详细讨论。

参考数据 54 包括预定大小例如 5120 个字节的数据，并且包括 20 个信号 A 和 20 个信号 B。改动数据 56 除了信号 A 被修改外，同参考数据 54 相同。具体地，该主控系统 10 使得改动数据 56 的信号 A 中的 8T 凹坑的长度比标准 8T 凹坑的长度大于一个预定量。在再现期间，一些改动信号 A 将被再现为信号 B。

对 8T 凹坑的变长进行经验性的试验。在对比试验中，按照本发明所进行的各次试验的比较将在下文中进行讨论，从 256 个 ASCII 码中准备好具有 5120 个字节的预定大小并包括 20 个信号 A (1011010, 10010000000100) 和 20 个信号 B (1111010, 10010000000010) 的数据。这个数据利用传统方法记录在模子上，并且制作了两百个小型盘。

在按照本发明的第一次试验中，该对比试验的数据记录在模子上；然而，包括在每个信号 A 中的 8T 信号被变长 0.2T (46.3nSec.)，而其它信号 3T、4T 等经过没有变形的处理。然后，利用这个模子制作二百张小型盘。在按照本发明的第二次试验中，对比试验的数据记录在模子上；然而，包括在每个信号 A 中的 8T 信号被变形 0.3T (69.4nSec.) 增量，而其它信号 3T、4T 等依据对比实施例(embodiment)进行没有变形的处理。然后利用该模子制作二百张小型盘。

在按照本发明的第三次试验中，该对比试验的数据记录在模子上；然而，包括在每个信号 A 中的 8T 信号被变形 0.4T (92.7nSec.) 增量，而其它信号 3T、4T 等依据对比实施例进行没有变形的处理。然后利用该模子制作二百张小型盘。在按照本发明的第四次试验中，该对比试验的数据记录在模子上；然而，包括在每个信号 A 中的 8T 信号被变形 0.5T (115.7nSec.) 增量，而其它信号 3T、4T 等依据对比实施例进行没有变形的处理。然后利用该模子制作二百张小型盘。

在每次试验中制作的第一批五十张盘被放弃（通过注入成型制

作的光盘，并且该第一批制作的盘包含缺陷)，然后从上述每一次试验中任意选择 10 张盘用于评测。

首先，测量每次试验的光盘抖动量。该抖动被定义为信号长度与规定值的偏离，并且其标准的偏离量规定是 35nSec.或更低。对于从每次试验中制作的所有光盘，测量到 27-28nSec.的抖动。因此，确定在这些盘中质量上不存在差别。

然而，对于信号记录时变形的 8T 信号，在所有实施例的平均抖动值中有一个偏差。在对比试验中该 8T 信号的测量值的平均值是 1850nSec.，在第一次试验中是 1895nSec.，在第二次试验中是 1920nSec.，在第三次试验中是 1945nSec.，在第四次试验中是 1965nSec.。其结果是，可以理解：在平均值中有偏差(difference)，但是没有偏离(deviation)。

图 4A 到图 4E 表示从小型盘读取的 3T 到 11T 中每一个信号的分布，该小型盘是在对比试验和第一到第四次试验中分别制作的。

参照图 4A 到 4E，由于合并位包括 3T，并且使用多个 11T 来识别小型盘的前沿和后沿，所以 3T 和 11T 的呈现频率高。

对于对比试验，图 4A 示出每个 T 的分布是一个常数，除了因上述原因在 3T 和 11T 处以外。

对于图 4B 到图 4E 示出的第一到第四次试验（即：本发明的实施例），3T 和 11T 的呈现频率是高的，并且每个 T 的分布是常数。关于这一点，由于 8T 信号的信号在各次试验中被修改了 0.2T,0.3T, 0.4T,0.5T，因此应可以理解 8T 信号的分布向 9T 偏置所述延时周期。因此，可以理解按照本发明的意图来记录所述信号。

对于按照对比试验和第一到第四次试验准备的小型盘，不论信号 A 是否被错认为信号 B 都要被检查。该误差的频率通过确定信号 A 的频率被检测到，而不管小型盘再现装置的容差性，其中该信号 A 被改动了预定周期，该信号 A 被错读成信号 B。

如上所述，由 8-14 变换所调制的信号记录在小型盘上。但是，当再现盘上的数据时，所记录的信号被读出并经过 8-14 逆变换，从而恢复成原始的 8 位信号。如果再现的 14 位信号与表 1 中的 8 位信号不对应，则识别出一误差，然后该数据被再次读取或输出一误差数据。然而，按照本发明的实施例，当信号 A 的 8T 被错读成 9T 时，信号 B 被输出而不生成错误，因为，在表 1 中有包含 9T 的信号 B。因此，通过比较所输出的信号 A 和信号 B 的次数对误差频率进行研究，在按照本发明的对比试验和第一到第四次试验中每一次的各小型盘上的数据中，每个信号包括 20 次。为了再现小型盘上的数据，使用了 LG 电子股份有限公司生产的 2X,4X,8X,16X 的 CD-ROM 驱动装置。其结果如图 5 中的表所示。

上述结果是通过测量每次试验中所选择的 10 张盘的误差频率并将平均误差频率舍去小数位而得到的。

如图 5 所示，因为在对比试验中，信号 A 和 B 记录时没有变形，所以信号 A 和 B 在这次试验的所有 10 张盘中分别被再现 20 次。按照这些结果，该 CD-ROM 驱动装置如图所示进行正常的工作，并且该小型盘也进行正常的运行。

在第一次试验对磁盘进行再现时，信号 A 被 CD-ROM 被一次或两次错误地读成了信号 B。

在第二次试验对磁盘进行再现时，该 CD-ROM 驱动装置四次或五次地错误将信号 A 再现为信号 B。

在第三次试验对磁盘进行再现时，该 CD-ROM 驱动装置七次或八次地错误将信号 A 再现为信号 B。

在第四次试验对磁盘进行再现时，该 CD-ROM 驱动装置十一次或十二次地错误将信号 A 再现为信号 B。

如上所示，不同于记录在该小型盘上的原始信号的输出信号被再现，并且这样错误再现的频率按照改动的凹坑的长度变化。此外，

根据仔细观察这些数据重复地再现，从记录在每个小型盘上的 20 个信号 A 中被错当成信号 B 的信号是任意地出现。

因此，会发现通过选择合适的信号并在记录期间将这些信号稍微改动一点可以导致信号而不是信号误差的错误识别。

一般的复制者重复地进行光盘的复制。如上所述，复制一张按照本发明的复制保护方法制作的盘导致所复制的盘中有误差。即：复制者会将信号 A 中那些按照本发明被改动过的信号中的一些信号任意地记录为信号 B，而不是正确地将信号 A 复制到新盘上。

在另一个实施例中，代替或附加将表示 8T 信号的凹坑的凹坑长度增加，将 9T 信号的凹坑长度减少一预定量，从而依据凹坑长度中的减少将 9T 信号任意地误作为 8T 信号。在进一步的另一选择方案中，除了上述识别的信号 A 和信号 B 以外的其它相近的有关信号对被用于代替或附加信号 A 和信号 B 的信号对。图 6 示出了经过经验性试验所识别的这些其它信号对中的一些。

此外，信号被改动的量不限于上面给出的 0.2T-0.5T。最好，改动的量根据光盘驱动器或形成光盘驱动器的部件而增加和/或减少。根据现有公开的内容，在本领域的技术人员知识范围内，完全能够凭经验确定对于给定光盘驱动器和光盘类型的最佳的改动量。

应注意的是，对如 8T 和 9T 这样的信号进行改动（例如：加长和/或缩短信号）和控制改动的量是通过控制前沿和/或后沿的超前/延迟来实现的。

此外，参考和测试数据 54 和 56 的长度不一定限定在 5120 字节。而是参考和测试数据 54 和 56 的长度可以大于或小于 5120 字节。然而，从以下讨论应可以理解，随着参考和测试数据 54 和 56 的量的增加，各种保护的级别也将增加。还应当理解的是：参考和测试数据 54 和 56 不限于仅包括 20 个信号 A 和 20 个信号 B。

作为进一步的其他选择方案，除了将参考数据 54 施加到复制受

保护的盘上外，还可以通过互联网和磁盘等其它不同的形式提供该参考数据 54。

下面将描述根据本发明的对光盘进行鉴别和对来自复制受保护的光盘的数据进行再现的系统和方法。仅为了讨论的目的，假定光盘是按照上述讨论的第二次试验制作的小型盘。

图 7 示出按照本发明的光盘再现设备。如图中所示，该光盘再现设备包括：再现来自光盘的数据的光盘再现装置 100，和连接到该光盘再现装置 100 的中心处理单元（CPU）102。连接到该 CPU102 上的有一只读存储器（ROM）104，一随机存取存储器（RAM）106，一显示器 108，和一用户接口 110（例如键盘）。

根据经由用户接口 110 所接收的用户输入，按照存储在 ROM104 中编好的程序，该 CPU102 控制光盘再现装置 100。由光盘再现装置 100 再现的数据由 CPU102 存储在 RAM106 中。对光盘的鉴别和再现来自该光盘的数据将参照图 7—9C 进行描述。

图 8 示出按照本发明的该光盘鉴别方法和数据再现方法的流程图。如图所示，在步骤 S10，CPU102 控制光盘再现装置 100 以再现软件 52。该 CPU10 根据再现的软件 52 按照图 8 流程图的剩余部分进行操作。

接着，在步骤 S20，根据软件 52 给出的参考数据 54 的位置，该 CPU102 使得光盘再现装置 100 再现参考数据 54。如上所述，参考数据 54 包括 20 个信号 A 和 20 个信号 B，参考数据 54 的部分如图 9A 所示。CPU102 将参考数据 54 存储在 RAM106 中。

根据软件 52 给出的测试数据 56 的位置，CPU102 在步骤 30 使得光盘再现装置 100 按照软件 52 规定的次数再现测试数据 56。例如，对于按照上述假设的小型盘，该小型盘包括有如所讨论的按照第二次试验所记录的测试数据，测试数据 56 被再现 20 次。图 9B 示出再现的测试数据 56 的部分。如图所示，信号 A 中的一些被错

误地再现为信号 B。

在步骤 40, CPU102 确定在测试数据 56 的 20 个存储的形式中在一特定位置处一特定信号出现的次数。例如, 在一特定位置, 该 CPU102 可以确定 18 个信号 A 和 2 个信号 B。CPU102 将在一特定位置处出现的一特定信号的次数与软件 52 给定的阈值相比较。对于该假定的小型盘的例子, 该阈值是 16。如果该次数超过该阈值, CPU102 将与其次数相应的信号存储为实际数据。CPU102 对每个位置重复该过程以生成测试数据的统计形式; 下文称作统计数据。图 9C 示出与图 9A 和 9B 中的参考数据 54 和测试数据 56 对应的统计数据的部分。因为, 对于 2XCD-ROM 驱动器而言再现 5120 个字节的测试数据需要不到 1 秒的时间, 因此统计时间的生成不会对再现操作产生影响。

此外, 如按照对比试验所证明的 (见图 5), 通常测试数据中未改动的信号不会被错误地识别。

另外, 除了确定在一特定位置处出现一特定信号的次数以外, CPU102 还可以确定一特定信号在一特定位置处出现的频率 (例如: 百分比), 并将确定的频率与软件 52 给出的阈值频率进行比较。对于假定的小型盘的例子, 阈值频率是 80%。如果确定的频率超过该阈值频率, CPU102 将与所确定频率对应的信号存储为实际数据。CPU102 对每个位置重复这个过程以产生统计数据。

接着, 在步骤 S50, CPU102 确定统计数据是否与参考数据相同。如果不同, 在步骤 S60, CPU102 将光盘识别为非法复制, 并在显示器 108 上显示一个指示该盘未被鉴定的消息, 再现将被禁止, 并禁止该盘的进一步的再现操作。然而, 如果统计数据与参考数据相同, 则在步骤 S70, CPU102 允许进行再现。

作为另一中选择方案, 该测试数据形成用于再现的其它数据 58 的一部分。在该另一种实施例中, 在步骤 S50 中光盘被鉴定后, 当

适当的时候，统计数据被输出为测试数据以进行光盘的正确的再现。

当按照本发明复制者复制一复制受保护的光盘时，在测试数据中的改动的信号 A 中的一些信号被复制为 B 信号。结果当执行上述讨论的鉴定操作时，在步骤 S30 中再现的每个测试数据的形式在这些位置处包括信号 B。因此，统计数据在这些位置处也包括信号 B，并且该统计数据与参考数据不匹配。从而，鉴定出该非法复制的盘，并禁止再现的操作。

尽管参照小型盘和 8-14 变换描述了本发明，但是本发明还可以应用到其它光盘和变换技术中。例如，本发明可以应用到数字通用盘（DVD）和 8-16 位变换中。

在上文中对本发明进行了描述，很显然还可以对本发明进行各种改变。这些改变都可以视作未脱离本发明的发明实质和范围，并且所有这些改动都包括在本发明权利要求书所公开的范围。

小型盘的8—14交换表

十进制	二进制	EFM转换后
200	11001000	00001001000001
201	11001001	10000100000001
202	11001010	00001001000100
203	11001011	00001001000000
204	11001100	01000100000001
205	11001101	00000100000001
206	11001110	00000010010000
207	11001111	00100100000001
208	11010000	00000100100100
209	11010001	10000010010001
210	11010010	10010010010001
211	11010011	10000100100000
212	11010100	01000010010001
213	11010101	00000010010001
214	11010110	00010010010001
215	11010111	00100010010001
216	11011000	01001000010001
217	11011001	10000000010001
218	11011010	10010000010001
219	11011011	10001000010001
220	11011100	01000000010001
221	11011101	00001000010001
222	11011110	00010000010001
223	11011111	00100000010001
224	11100000	01000100000010
225	11100001	00000100000010
226	11100010	10000100010010
227	11100011	00100100000010
228	11100100	01000100010010

图1

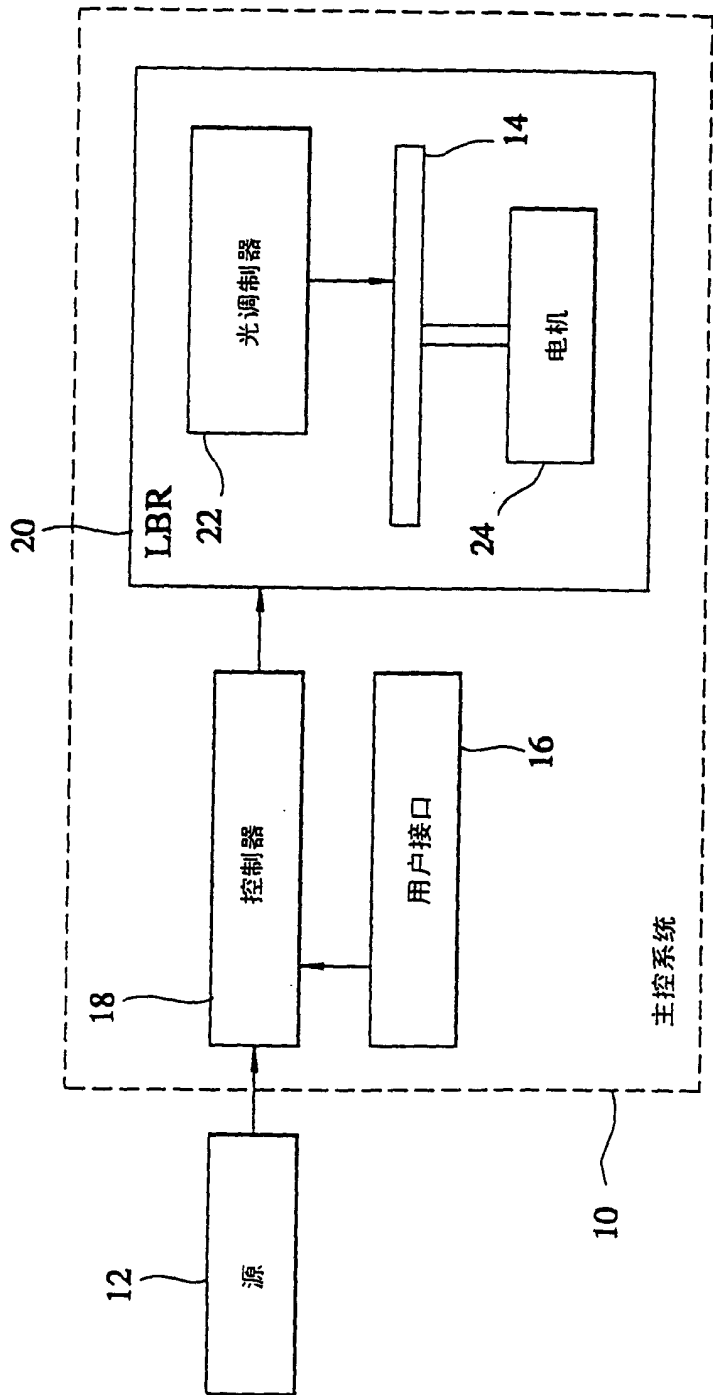


图2

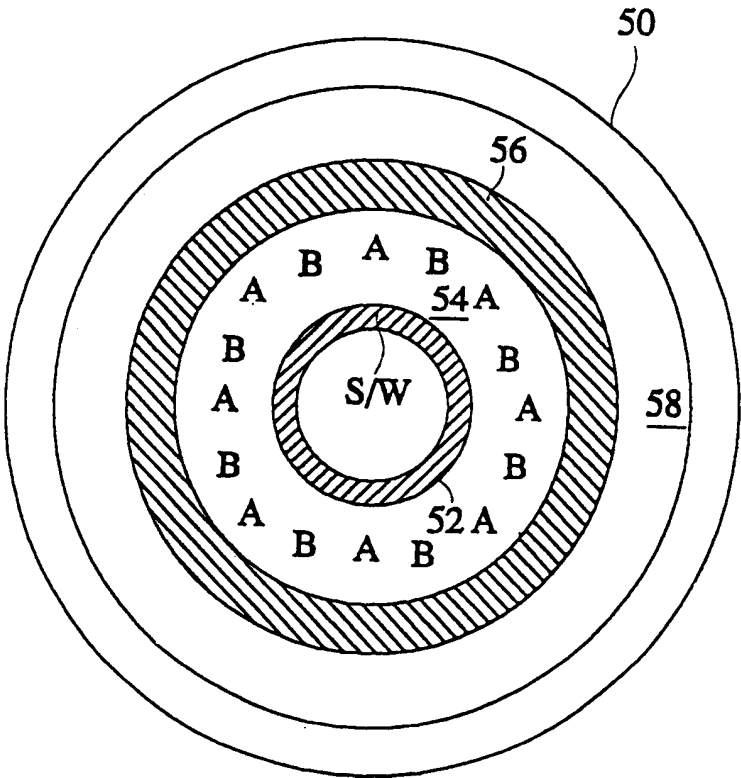


图3

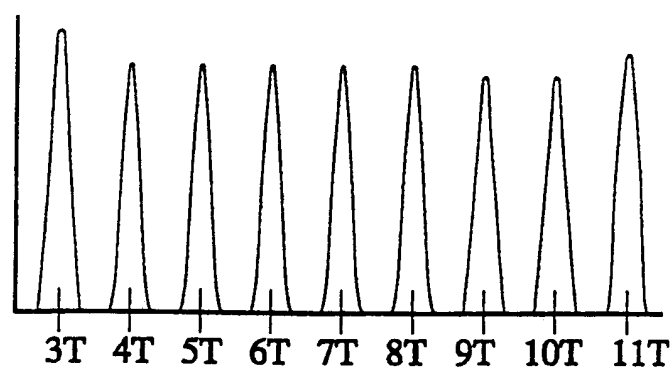


图4A

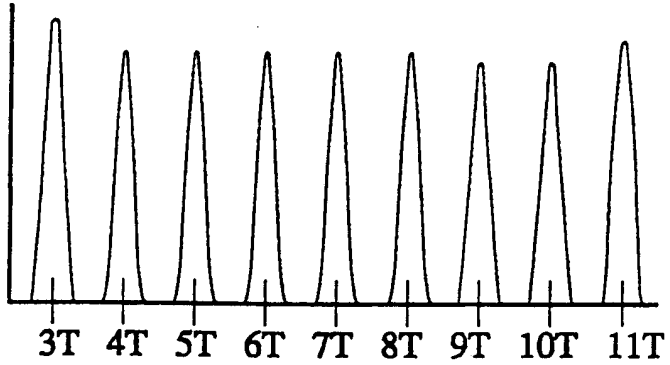


图4B

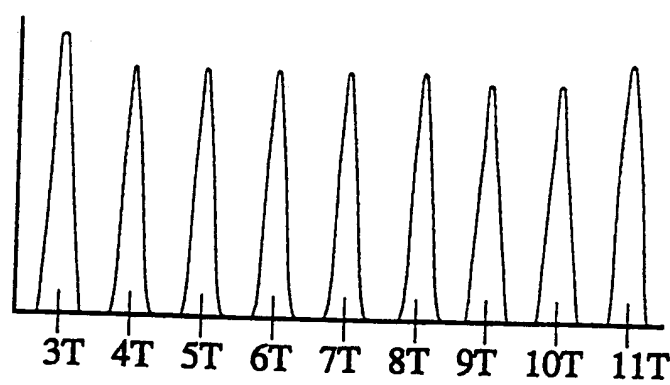


图4C

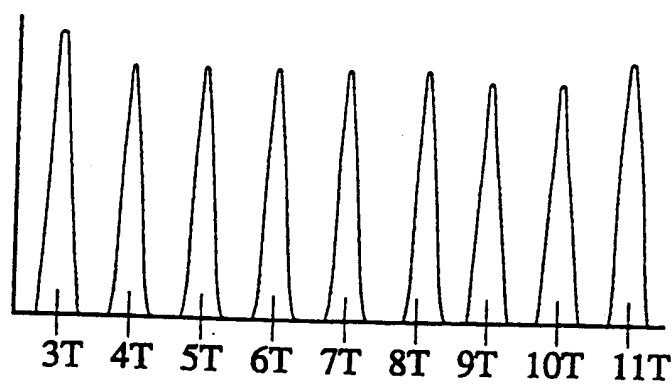


图4D

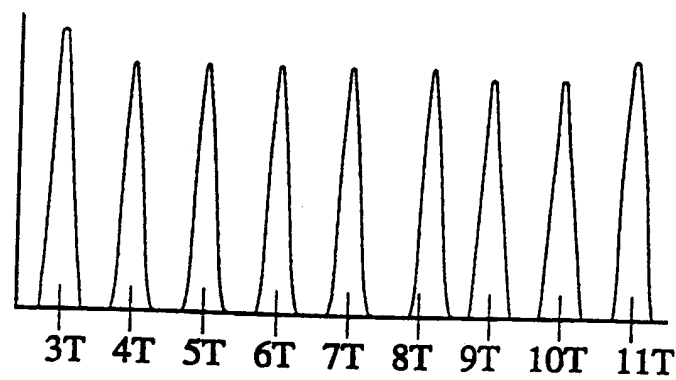


图4E

图5

再现信号的误差频率

驱动装置	2 X		4 X		8 X		16 X	
	CD-ROM		CD-ROM		CD-ROM		CD-ROM	
信号	A	B	A	B	A	B	A	B
对比参照	20	20	20	20	20	20	20	20
实施例 1	19	21	18	22	19	21	19	21
实施例 2	15	25	16	24	14	26	15	25
实施例 3	12	28	11	29	12	28	12	28
实施例 4	8	32	9	31	8	32	8	32

图6

14位信号对

10010000000100
10010000000010

10000001000010
10000000100010

10000001000100
10000000100100

10000010001000
10000001000100

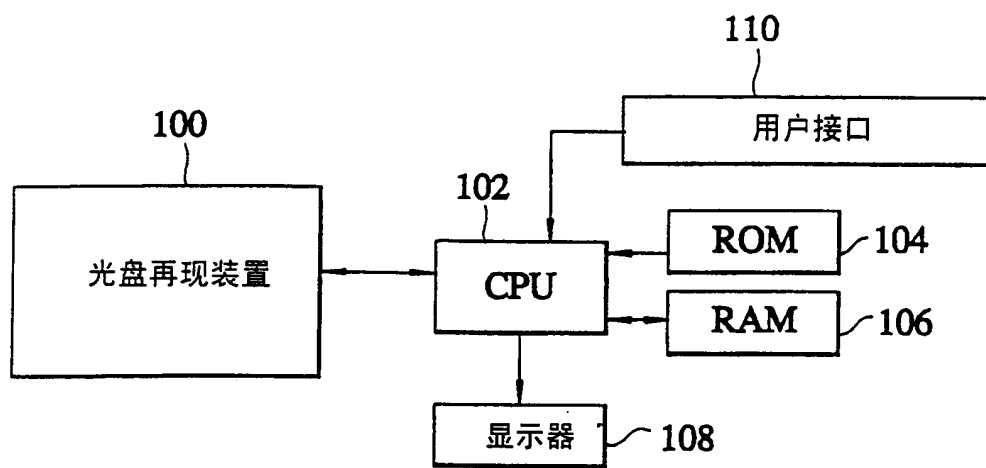


图7

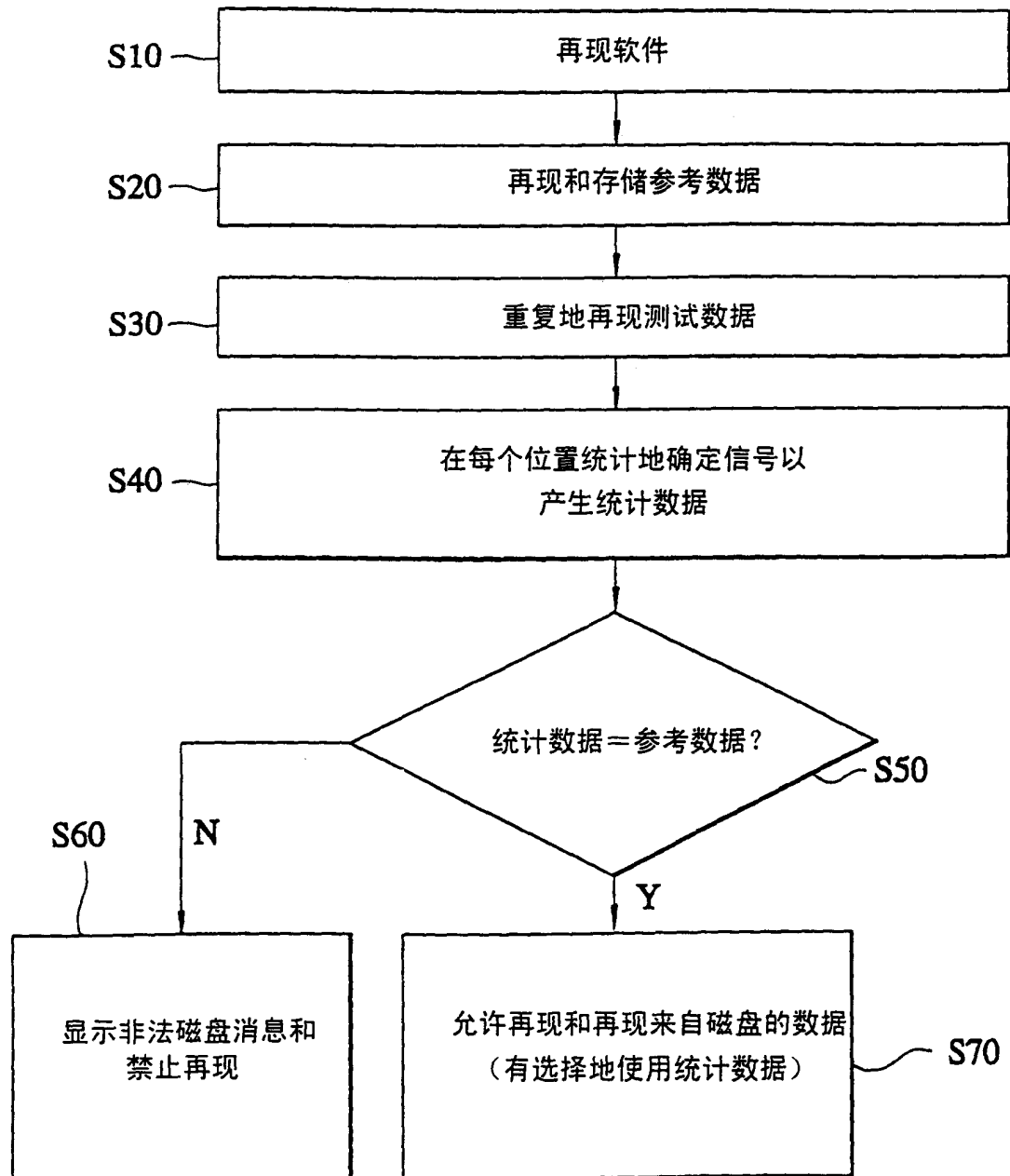


图8

图9A

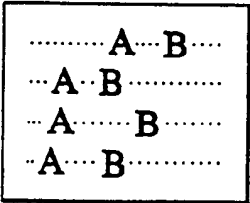


图9B

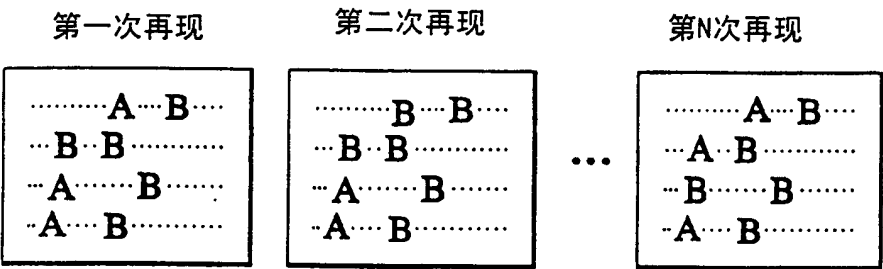


图9C

图9B的结果
统计数据

