

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
G11B 7/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 93121735.0

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1134770C

[22] 申请日 1993. 12. 31 [21] 申请号 93121735.0

[30] 优先权

[32] 1993. 1. 4 [33] EP [31] 93200001.1

[71] 专利权人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 A·H·M·霍尔斯拉格 D·韦泽

审查员 周 滨

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

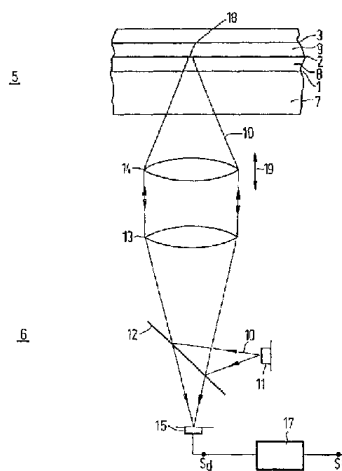
代理人 王忠忠 肖掬昌

权利要求书 7 页 说明书 38 页 附图 5 页

[54] 发明名称 多面信息存储系统以及用在这种系统中的记录载体

[57] 摘要

所述的信息存储系统包括一个读出装置(6)和一个有至少两个信息面(1、2、3)的光学记录载体(5)。来自记录载体的辐射在检测系统中(15)转换成检测信号(16)，该信号加在检测电路(1)上。为了使这个电路能以可靠方式从检测信号中衍生出读出的信息，由不被读的信息面产生的干扰信号应满足一个要求，称为干扰要求，它是检测电路的特征。记录载体的参数值，例如信息面之间的层的厚度以及信息面的反射和透射系数从该干扰要求得出的。



ISSN 1008-4274

1. 一种信息存储系统含一个具有至少两个信息面的光学记录载体，以及一个用于从记录载体的一侧对信息面进行扫描的读出装置，所述读出装置含一个用于在其中一个信息面上形成一个辐射光点、读出该信息面上所存储的信息的光学系统，一个用以接收从辐射光束所引起的来自记录载体的辐射，并将该辐射转换成电检测信号的辐射敏感检测系统，以及一个电气地连接在检测系统上用于将检测信号转换化为信息信号的检测电路，其特征在于，该检测信号包括一种以上从未被读取的一个以上信息面上所获得的干扰信号以及从被读取的信息面上所获得的读出信号，该检测电路具有一个与之相关的表示该检测电路的工作特性的干扰比值 Q ，所述信息面彼此隔开一定距离和具有光学特性，使得所述一种以上干扰信号之和与读出信号之比小于干扰比值 Q 。

2. 根据权利要求 1 的信息存储系统，其特征在于所述干扰要求由下式确定：

$$\frac{\sum_{j \neq i} E_j \sum_f m_j(f) MTF(f, d_j / n)}{E_i \sum_f m_i(f) MTF(f, 0)} < Q,$$

其中，在 j 上的求和是在除被读信息面 I 之外的所有信息面上进行的，在 f 上的求和是在从一信息面接收的信号中存在的频率上进行的，而 E_j 是来自信息面 j 的第零级衍射光的辐射能量， $m_j(f)$ 是信息面 j 的频率 f 上的调制因子，其中，对于不被读的信息面来说， $m_j(f)$ 由聚焦在面 j 上的辐射光束来确定，而且，其中， $MTF(f,$

d_j / n) 是信息面 j 到检测信号辐射频率 f 上的调制传递函数, d_j 是信息面 j 和被读信息面 i 之间的距离, n 是信息面 i 和 j 之间介质的折射指数。

3. 根据权利要求 1 的信息存储系统, 其特征在于干扰要求由下式确定:

$$\frac{\left[\sum_{j \neq i} \left(\sum_f E_j m_j(f) MTF(f, d_j/n) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\sum_f E_i m_i(f) MTF(f, 0)} < Q,$$

其中的参数与权利要求 2 定义的意义相同。

4. 根据权利要求 1 的信息存储系统, 其特征在于记录介质具有至少三个信息面, 所述干扰要求的总和包括虚的信息面, 每个虚的信息面是通过一个信息面相对于另一个信息面镜像形成的。

5. 根据权利要求 2 或 3 的信息存储系统, 其特征在于第一信息面具有一种信息结构, 该信息结构以第一读出方式最佳读出, 以及至少一个第二信息面具有一种信息结构, 该信息结构以第二读出方式最佳读出; 其中, 所述读出装置有两种读出方式的配置, 并且在干扰要求中对于一个不被读的信息面的参数 E_j , m_j 和 $MTF(f, d_j / n)$ 有这样的值, 这些值与被读出信息面 i 读出时的读出方式相关。

6. 根据权利要求 5 的信息存储系统, 其特征在于所述辐射源可适用于提供在第一读出方式下具有第一波长的辐射光束, 以及在第二读出方式中具有第二波长的辐射光束。

7. 根据权利要求 5 或 6 的信息存储系统, 其特征在于所述检测系统具有用于检测的两种检测方式的配置, 在第一和第二读出方式中辐射分别来自第一和第二检测方式中的记录载体。

8. 根据权利要求 2 或 3 的信息存储系统，其特征在于记录载体有至少三个信息面。检测系统被安置在由记录载体反射的辐射路径上。其中

$$\frac{E_j}{E_i} = \frac{R_j}{T_j^2 R_i}$$

信息面 j 比信息面 i 更接近物镜系统，以及

$$\frac{E_j}{E_i} = \frac{T_i^2 R_j}{R_i}$$

信息面 j 比信息面 i 远离物镜系统，其中， R_k 和 T_k 分别为信息面 k 的辐射反射强度和辐射透射强度。

9. 根据权利要求 4 的信息存储系统，其特征在于信息面的光学特性满足

$$\frac{R_2 \sum_f m_2(f) MTF(f, d_2/n) + R_2^2 R_1 \sum_f m_1(f) MTF(f, (d_1 - d_2)/n)}{T_2^2 R_3 \sum_f m_3(f) MTF(f, 0)} < Q$$

其中， d_1 和 d_2 分别是信息面 1 和 2，2 和 3 之间的距离， n 是信息面之间的介质的折射指数。

10. 根据权利要求 9 的信息存储系统，其特征在于信息面含有其频谱实质上相等的信息，其中 m_1 、 m_2 和 m_3 相互相等， $d_1 = d_2$ ，并且

$$\frac{R_2^2 R_1}{T_2^2 R_3} < Q$$

对信息面的辐射反射强度和辐射透射强度适用。

11. 根据权利要求 8 的信息存储系统,其特征在于随着与物镜系统距离的增加连续的信息面的辐射强度反射系数满足

$$R_{j+1} = \frac{R_j}{T_j^2}.$$

12. 根据权利要求 2 到 11 中的任何一个信息存储系统,其特征在于信息面中的信息以沿切向延伸的轨迹为序,用脚标 t 表示。调制传递函数 $MTF(f, d)$ 由下式给出:

$$MTF(f, d) = MTF_t(f, d) F_r(q, d)$$

其中以无量纲参数表达

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{f}{f_c} & \xi &= \frac{2dNA^2}{\lambda} \\ \eta &= \frac{r_d}{2MNA d} & \kappa &= \frac{qNA}{\lambda}, \end{aligned}$$

切向调制传递函数由下式给出

$$MTF_t(\omega, \xi) = \frac{2}{\pi} \int_S \int d\beta \, d\epsilon \, \cos(\pi \xi \beta \omega)$$

S 是由下式确定的区域

$$0 < |\beta| < 1 - \frac{\omega}{2}, 0 < \epsilon < \sqrt{1 - \left[|\beta| + \frac{\omega}{2}\right]^2} \quad \text{如果 } \eta > \sqrt{1 - \left[\frac{\omega}{2}\right]^2},$$

$$0 < |\beta| < \eta, \quad 0 < \epsilon < \sqrt{\eta^2 - \beta^2} \quad \text{如果 } \eta < 1 - \frac{\omega}{2} \quad \text{和}$$

所述两个区域的重叠区域

$$1 - \frac{\omega}{2} \leq \eta \leq \sqrt{1 - \left[\frac{\omega}{2}\right]^2},$$

并且其中径向函数由下式给出:

$$F_r(\kappa, \xi) = \text{sinc}\left(\frac{\xi^2}{1,8}\right) \quad \text{如果 } \xi < 2,1 \quad \text{和}$$

$$= \frac{\left[1 + \frac{\sqrt{\pi} \xi}{2\kappa}\right]^{\frac{1}{2}}}{4\xi} \quad \text{如果 } \xi \geq 2,1,$$

其中 $f_c = \text{NA} / \lambda$ 是物镜系统的截止频率, λ 是辐射光束的波长, NA 是在记录载体侧边的物镜系统的数值孔径。q 是轨迹周期, r_d 是检测系统的有效半径, M 是从记录载体到检测系统光学系统的放大率。

13. 根据权利要求 2 或 3 的信息存储系统,其特征在于由检测系统接收的辐射是由记录载体透射的, 并且其中

$$E_j = E_i \quad .$$

14. 根据权利要求 2, 3 或 13 的信息存储系统,其特征在于所述光学系统包括一个集光镜, 用于使经记录载体透射辐射达到检测系统, 其中集光镜的数值孔径等于物镜系统的数值孔径, 信息面上的信息以沿切向延伸的轨迹为序, 用脚标 t 表示, 调制传递函数

MTF (f, d) 为

$$MTF' (f, d) = MTF' (f, d) Fr (q, d)$$

其中，以无量纲参数表达，切向调制传递函数为

$$MTF'_t(\omega, \xi) = \frac{2}{\pi} \left[\arccos \left(\frac{\omega}{2} \right) - \frac{\omega}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{2} \right)^2} \right] * \\ \frac{1}{\pi} \int_S d\beta d\epsilon \cos(\beta\omega + \pi\xi\omega^2) \frac{J_1(\sqrt{\beta^2 + \epsilon^2}) J_1(\sqrt{(\beta + \pi\xi\omega)^2 + \epsilon^2})}{\sqrt{\beta^2 + \epsilon^2} \sqrt{(\beta + \pi\xi\omega)^2 + \epsilon^2}}$$

S 是由下式定义的区域

$$-\sqrt{\zeta^2 - \epsilon^2} < \beta < \sqrt{\zeta^2 - \epsilon^2} \quad \text{和} \quad -\zeta < \epsilon < \zeta,$$

$$\zeta = \frac{2\pi NA r_d}{M\lambda}$$

其中其它参数与权利要求 12 的定义相同。

15. 一种具有至少两个信息面并含有由权利要求 1 到 14 中任何一个定义的全部技术记录载体特征的光记录载体。

16. 根据权利要求 15 的光记录载体，其特征不在于它含有三个信息面的及将信息面相互分离开的两个中介层，中介层的光学厚度的比值在 1.5 和 3 之间。

17. 根据权利要求 15 的光记录载体，其特征不在于它含有其中夹有

中介层的信息面，连续的中介层具有在两个不同值中互相交替的厚度。

18. 一种用以扫描具有至少两个信息面的光学记录载体的读出装置，读信息面是从该记录载体的一侧受到扫描的，所述读出装置含一个用于在其中一个信息面上形成一个辐射光点、读出该信息面上所存储的信息的光学系统，一个用以接收从辐射光束所引起的来自记录载体的辐射，并将该辐射转换成电检测信号的辐射敏感检测系统，以及一个电气地连接在检测系统上用于将检测信号转换化为信息信号的检测电路，其特征在于，该检测信号包括一种以上从未被读取的一个以上信息面上所获得的干扰信号以及从被读取的信息面上所获得的读出信号，该检测电路具有一个与之相关的表示该检测电路的工作特性的干扰比值 Q ，所述信息面彼此隔开一定距离和具有光学特性，使得所述一种以上干扰信号之和与读出信号之比小于干扰比值 Q 。

19. 根据权利要求 18 的读出装置，其特征在于，所述读出装置具有两种读出方式，第一读出方式用于最佳地读出具有第一信息结构的第一信息面，第二读出模式则用于最佳地读出具有第二信息结构的第二信息面。

20. 根据权利要求 19 的读出装置，其特征在于，辐射源适于供应具有第一读出方式的第一波长的辐射光束和具有第二读出方式的第二波长的辐射光束。

21. 根据权利要求 19 的读出装置，其特征在于，所述读出装置具有两种检测方式，用以在所述第一和第二读出方式下分别以第一和第二检测方式检测来自记录载体的辐射。

多面信息存储系统以及用在这种 系统中的记录载体

本发明涉及一种信息存储系统以及一个读出装置，该信息存储系统包含一个具有至少两个信息面的光记录载体，所述读出装置用于对所述记录载体的一侧上的信息面进行扫描，所述装置包括一个第一光学系统，用于在将被读取的信息面上形成一个辐射光点，还包括一个第二光学系统，用于使从记录载体透射的辐射能到达一个辐射敏感检测系统，该系统可将辐射转换成电检测信号，以及包括一个检测电路，它与上述检测系统电气连接，用于将检测信号转换成信息信号。本发明还涉及用在这种多面（multiplane）信息存储系统中的光记录载体。

为了达到在多面记录载体上增加信息密度的目的。信息面之间的距离应该是最小，而存储在每一信息面中的信息的各自的读出应该是可能的。在一个记录载体上存储更多信息的第一个步骤是双面记录载体，即在一记录载体的每一侧面都是一个信息面。这两个信息面从记录载体的不同侧面读出。接下来的一个步骤是在一个记录载体上提供两个或多个信息面，每个面都可以从一侧读出。经过一个侧面，通过确保这些多面记录载体的两个面，那么，信息容量可以增加两倍。

上段中所述的这种类型的信息存储系统已从美国专利U. S. 3, 855, 426中公知。该存储系统的读出装置将辐射光束聚焦在记录载体的多个信息面中的一个面上。信息被存储在信息区中，或

者说在信息面上作标记。通过记录载体的辐射光束由所述标记调制并由一个透镜接收，该透镜形成在辐射检测系统中被读出的信息面的信息区的一个图象。所述检测系统可将入射的辐射光的调制转换成一个信息信号。如果所述辐射光束被聚焦在一个信息面上，它还将照射在其它的、较高或较低的信息面上的一个区。这个不希望被照射的区或寄生区应该是足够大和包含足够多的标记，以致于各个标记对所希望的读出信号的影响能被平均。在寄生区中信息信号受标记的平均影响将不大于由辐射光束与将被读出的信息面上的标记相互作用产生的信息信号调制深度的减小。为了达到这种效果。在已知的记录载体中信息面之间的距离要取大于 $10\mu\text{m}$ 的值，这与物镜系统的数值孔径相关。

所述美国专利 U . S . 3 , 8 5 5 , 4 2 6 没有说明利用读出装置和记录载体来满足这些要求，以使读出装置能有足够的可靠性从源于记录载体的辐射中获得 存储在所读取的信息面上的信息。这些要求的内容是非常重要的，因为它趋向于在记录载体上增加信息密度，还涉及信息面定位在十分接近的距离上，这样就增加了信息面之间串音的危险性，同时读出设备变得更为严格。

本发明的目的是提供一种信息存储系统，其中，通过使对记录装置和记录载体的要求相互配合来取得最大的信息密度，所述存储系统是基于对所给定的系统参数的重要性以及对最终获得的信息信号的影响的深入理解上所设计的。

按照本发明的信息存储系统，其特征在于信息面之间的距离和信息面的光学性质是这样的，即信息存储系统要满足干扰要求

(interference requiment)，即由不被读出的信息面产生的检测

信号中的干扰信号的总和与要被读出的信息面产生的检测信号中的读出信号之间的比值小于由检测电路Q确定的干扰比值Q。

已经发现读出装置的重要参数是最大干扰比值，即在检测信号中干扰信号的强度与所希望读出的信号的强度之间的比值，在此比值上，检测电路仍然有能力从检测信号中可靠地衍生出信息，其可靠性对于该系统的一个特定的读出动作来说是足够的。在所希望读出的信号有一个给定的强度时，所述最大干扰比值给出了所允许的干扰信号强度的一个上限。如果干扰信号超过了这个上限，源于检测信号的信息信号的产生会被干扰信号影响，而且检测电路不再提供可靠的信息。所述干扰信号尤其是由辐射源提供的辐射光束能量的波动、读出装置的光学系统的散射光、被读出的信息面的粗糙度所引起的。不被读的信息面也产生干扰信号，因为它们也传送来自辐射光束的辐射到检测系统上。当对读出装置进行设计时，对于干扰信号的整个预算要分配到各个干扰源上，所以，一部分预算应该放在从不被读的信息面上产生的干扰信号上。这一部分预算与干扰比值Q相应。如果所述信息存储系统满足所述干扰要求，即由不被读的信息面形成的干扰信号与读出信号的比值即干扰比值小于Q，信息将以可靠的方式读出，这里要假定源于其它干扰源的干扰信号的强度保持在分配给这些信号的预算部分，通过使用干扰要求这种新颖的概念，有可能使读出装置和记录载体相互以最佳方式来协调。当设计记录载体时，诸如信息面之间的距离、信息面的反射和透射。各个信息面的标记对入射光调制的程度这些参数应该加以选择以满足干扰要求，如果干扰比值等于Q，在垂直于载体方向上的记录载体的最大信息密度和信息的面上的最大信息密度应能取得。

按照本发明的信息存储系统的一个特定实施例的特征在于：干扰

要求由下式确定：

$$\frac{\sum_{j \neq i} E_j \sum_f m_j(f) MTF(f, d_j/n)}{E_i \sum_f m_i(f) MTF(f, 0)} < Q,$$

其中关于j的总和是除被读的信息面i之外的所有信息面，f上的加和是从一个信息面接收的信号中存在的所有频率，而E_j是来自信息面j的辐射的光能量，m_j(f)是在信息面j的频率f上的调制因子，其中，对于不被读的信息面来说，m_j(f)是用聚焦在面j上的辐射光束来确定，另外，MTF(f, d_j/n)是在源于信息面j的辐射频率f上的到检测信号的调制传递函数，d_j是信息面j和被读出的信息面i之间的距离，n是信息面i和j之间的介质的折射指数。

按照本发明的信息存储系统的一个特定实施例，其中，检测电路的正确的功能不依赖于电性干扰信号辐值之总和，但与干扰信号的能量之和有关，这一特定实施例的特征在于所述干扰要求由下式确定：

$$\frac{\left[\sum_{j \neq i} \left(\sum_f E_j m_j(f) MTF(f, d_j/n) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\sum_f E_i m_i(f) MTF(f, 0)} < Q.$$

对于对检测信号的DC分量敏感的检测电路来说，应该考虑零频率的干扰信号。在这样的检测电路中，对DC干扰信号的敏感程度可能不同于对AC干扰信号的敏感程度，这样，对Q来说有AC值和DC值。因此，在记录载体的设计中应考虑两个干扰要求，即对Q来

说具有 A C 值的 A C 干扰信号的干扰要求以及对 Q 来说具有 $f = 0$ 、 $m_i = m_j = 1$ 和 D C 值的 D C 干扰信号的干扰要求。

如果信息面之间的距离与物镜系统的景(field)深相比是比较小时,在确定 E_j 值时应考虑相邻信息面的辐射的辐值增加。在较大距离下,相邻信息面的辐射应加在能量中。

如果一个记录载体有三个信息面 1、2 和 3,其中面 1 最接近物镜系统,面 3 是反射读出,那么,聚焦在面 3 上的辐射有一部分被面 2 反射。在三个面是等距离的情况下,这个被反射的辐射被聚焦在面 1 上,并且在从面 1 反射后又再次从面 2 反射,通过检测系统,由于这些从面 2 的反射,那么从面 1 会产生出乎意料的大的干扰信号。按照本发明的一个信息存储系统中,它能优化这样一个大的干扰信号,特征在于记录载体有至少三个信息面,它的特征还在于在所述干扰要求中的总和包括虚构的信息面,每个虚构的信息面由一个信息面相对于另一个信息面的镜像构成。干扰要求可以通过正确地选择面之间的距离以及 γ 或者面的反射系数来满足。

按照本发明的信息存储系统的特定实施例的特征在于一个第一信息面具有能以第一读出方式最佳读出的信息结构,以及至少一个第二信息面,具有能以第二读出方式最佳读出的信息结构;其特征还在于读出装置具有支配两种读出方式的能力,对于一个不被读的信息面来说,干扰要求中的参数 E_j 、 m_j 和 M T F ($f, d_j / n$) 要选择与正被读的信息面的读出方式相关的值。

让我们假设记录载体有两个信息面,其中,在第一信息面上的信息以第一信息结构储存,例如以磁畴形式,这个结构必须以所谓的差分方式读出,并且在第二信息面上的信息以第二信息结构存储,例如以凹点

形式，这种结构必须以所谓的中心孔径方式读出。当第一信息面被读出时，检测信号由以差分方式工作的检测系统产生。为了确定在所产生的读出信号中的干扰，第二信息面的干扰信号值必须也利用以差分方式工作的检测系统来确定，而不是用以中心孔径方式工作的检测系统来确定。

不同读出方式可以用几种方式来实现。使用两种读出方式的信息存储系统的读出装置的一个第一实施例的特征在于辐射源要适合于以提供在第一读出方式下的具有第一波长的辐射光束和在第二读出方式下的具有第二波长的辐射光束，通过给出用于两种波长的信息面的、不同性质，有可能进一步减少干扰信号。

使用两种读出方式的信息存储系统的读出装置的一个第二实施例，其特征在于检测系统具有两种检测方式的配置，在第一和第二读出方式中，分别以第一和第二检测方式检测来自记录载体的辐射，以几种方式的检测就可以有效地把来自待读信息面的辐射转换成读出信号，抑制从其它信息面来的辐射产生的干扰信号，其中信息是以不同方式存储的。

根据本发明的信息存储系统的特定实施例，其中信息面以反射方式读出，其特征不在于连续的信息面的辐射强度反射系数由下式确定：

$$R_{j+1} = \frac{R_j}{T_j^2}.$$

物镜系统具有增加的距离。

然后，每个被读的信息面提供一等量的辐射给检测系统，每一信

息面的检测电路都接收同样大小的检测信号。其结果，检测信号的变化值不必在检测电路中加以考虑，这就简化了电路结构。

从后文中对附图和实施例的说明可以使本发明的这些方面和其它方面变得易于理解。

图 1 示出了信息存储系统。

图 2 示出了检测信号作为时间的函数的变化情况。

图 3 A 示出了在两种波长下工作的信息存储系统。

图 3 B 示出了在一层中有两个信息面的有关的记录载体。

图 3 C 示出了具有两个分离的信息面的有关的记录载体。

图 3 D 是图 3 C 的两个信息面的放大图。

图 4 A 示出了一种信息存储系统，其中标记是采用凹点和畴的形式。

图 4 B 是用在该系统中的具有两个信息面的记录载体截面图。

图 5 A 示出了具有三个信息面的记录载体。

图 5 B 示出了有不同厚度中介层的记录载体。

图 6 示出了调制传递函数作为在反射式读出中聚焦面和信息面之间标准距离的函数的变化情况。

图 7 A 示出了一种信息存储系统，其中以透射方式读出信号。

图 7 B 是图 7 A 所使用的记录载体截面图。

表格 1 A、B、C 包含了图中所描述的标号的数学公式。

图 1 示出了包含一记录载体 5 和读出装置 6 的信息存储系统。该记录载体，图 1 仅示出了截面图，包含一个透明基底 7，该基底上有信息面 1，2 和 3，由中介层 8 和 9 分隔开。一个信息面可能包括一个单独的界面，该界面在具有不同光学性质的两种介质之间，或者可

能包括在两个介质之间的一层或多层，所述信息以标记的形式（图中未示出）记录在信息面上。该标记可以排列成平行的轨迹。该标记例如可能是凹点，或以给定方向磁化的磁畴，或是具有不同于周围环境的反射系数的区。存储在信息面中的信息利用读出装置6读出。其中，一个辐射光束10由一个辐射源H，例如半导体激光器产生。一辐射光束从源经一个第一光学系统射向信息面。该光学系统包括一个光束分离器12，例如是一个部分反射镜，一个准直透镜13和一个物镜系统14，图中所示的物镜系统仅有一个透镜，该物镜系统将光束聚焦在被读的信息面1、2和3上的一个光点18。读出装置的光点18可以位于所希望的信息面上的任一位置，例如通过使物镜系统14沿着图1中箭头19所标出的光轴移动来完成。通过使光点18和记录载体在平行于记录载体的面上作相对运动，任一信息面都可以被扫描。由相关信息面反射的辐射由信息面上的标记来加以调制。这个辐射经第二光学系统导入检测系统15上，该第二光学系统包括物镜14，准直透镜13和光束分离器12。所述检测系统将入射的辐射光转换成离电检测信号 S_d ，其调制与辐射光束的调制相关。检测电路17从检测信号中衍生出信息信号 s_i ，该信息信号表示所读出的信息。

在许多情况下，为了将模拟的检测信号转换成数字的信息信号，在检测电路上要将进来的检测信号与一个给定的检测电平相比较，图2用一个例子示出了特定的检测信号 S_d 作为时间 t 的函数。检测电平 D 用虚线表示。利用在时刻 t_1 、 t_2 、 t_3 检测信号值的大小等于检测电平，该检测电路17可重构信息信号 S_i 。

除了源于读取的信息面的读出信号之外，检测信号也包括干扰信号，它可以引起所述时刻的漂移。如果所有干扰信号的总和超过了一个给

定的强度或能量，所述漂移将引起所述信息信号 S_i 的品质下降。如果所储存的信息是电视节目，所述漂移将导致图象质量的明显劣化，如果所述信息为数字数据的形式，所述漂移将导致信息信号的误差，误差所允许的数量与所使用的信息存储系统有关。结果，对于每一读出装置来说，都要给干扰信号一个上限。如果在检测信号 S_d 中干扰信号的总和小于这个极限值，检测电路能提供可靠的信息信号 S_i 。

在读出装置中干扰信号的产生主要是由于由辐射源 11 提供的辐射光束 10 的能量波动，读出装置的光学系统所产生的散射光，被读信息面上的粗糙不平引起的。信息存储系统的设计者将一部分最大的可允许的干扰信号的预算分配给每个可能的干扰信号源，一部分预算应分配给这样的干扰信号，它的产生是因为位于与被读信息面最接近的信息面也会将辐射导入到检测系统 15 中。对于每个多面信息存储系统来说，这些干扰信号的最大值由用于该存储载体的一个新参数来表示。该参数的值由检测电路 17 来确定。这个参数是干扰比值 Q ，即从当前不被读的所有信息面来的最大干扰信号与当前被读的信息面的读出信号之比值，当前不被读的所有信息面也称为干扰面。干扰信号中最大电能与读出信号中的电能之比值等于 Q^2 。

为了使检测电路正确地工作，记录载体有必要满足下列干扰要求：由干扰面所产生的干扰信号与读出信号之比值应小于 Q ， Q 值的确定主要是通过通过在检测系统 15 中产生检测信号、为改善所检测的信号使用正确的滤波器，以及在检测电路 17 中从检测信号中衍生出信息信号和在信息信号上强加上所述的要求来确定。在对最大的所允许的干扰信号预算部分作分配时应考虑到安全系数、某些系统可能有几种 Q 值，一个值用于一种类型的信息。一种信息是用户数据，必须连同随机的字

符，另一种是地址信息，用于在信息面上标定的区域；这样的信息在相邻轨迹中以及相邻信息面中有可比较的内容。第三种信息是跟踪信息用于引导光点 1 8 沿着轨迹运动。给出了最严格干扰要求的信息种类决定了记录载体参数的设计。尽管下面的举例涉及的是随机信息，但是，用于其它种类信息的干扰要求也能以类似方法得出。

如果存储在载体中的信息是数字形式，那么有可能用它来存储误差校正信息。误差校正信息可以用在检测电路中以校正信息信号中的误差。较大量的误差校正信息允许较大误差的校正，但降低了检测信号的品质要求。即具有大误差校正容量的检测电路具有相对大的 Q 值，它能适应大的干扰信号。 Q 值在后面将被认为是由读出装置固定的一个因子。下文中所称的干扰信号是由干扰面产生的干扰信号，除非有其它的说明。

Q 值应该从信息存储系统的设计中取得。对于一个系统该值不是已知的情况下，可由如下方式获得一个近似值。当读出装置读取仅有一个信息面的光记录载体时，必须测定检测信号 S_d 的调制。记录载体的品质应该是由系统规定的可允许的最低品质，这样，所分配给与干扰面无关的干扰信号的那一部分预算可以完全被使用。预算的其余部分是用于多面记录载体的干扰面产生的干扰信号的。这一部分的值是利用将一个具有控制调制的信号加到检测信号 S_d 上来确定的。这个调制必须增加，直到系统达到最低性能水平为止。所控制的调制与单面记录载体的调制之比现在就作为参数 Q 的近似值。

当辐射光束被聚焦在一个信息面上时，它照亮了这个面上的一个区，该区被称为光点 1 8。所述标记的尺寸和光点的大小一般来说（但不是必须的）在同一数量级上。标记的存在对光束由信息面的透

射和反射有影响。如果辐射光束和记录载体相对相互移动，那么光点就对信息面进行扫描，所述光束就由所述标记调整。在图1所述系统中，所反射的光束通过读出装置的检测系统。在一种可比较的方式中，所透射的光束由安置在记录载体上方的检测系统检测。下面假定的一个例子中信息以标记和中间区的方式存储，它们安置在光点扫描的轨迹中。与轨迹平行的方向称为切向，与轨迹垂直并在信息面上的方向称为径向。尽管这种称呼指的是盘状记录载体，但本发明并不局限于此，而是包括所有形状的记录载体，例如光卡。当辐射光束在信息面上反射时，一部分入射光会由标记衍射，会产生第一级和较高级的衍射光束，这些光束离开信息面的方向不同于不衍射的零级光束。在切向上的较高级衍射光束与零级光束之间的夹角是连续的标记和区的结构方向上局部周期的测量值。在给定方向上一个较高级衍射光束的能量由存在于被读的轨迹上的标记的数目，这些标记的尺寸以及标记与其周围的反差来确定。所述轨迹具有一个周期，该周期在光束的偏转角有关的标记之间，换句话说，切向的衍射光束由在轨迹上标记的一维傅利叶就换构成，并代表与空间频率相关的所存储信息的内容。较高级的衍射光束不是仅仅在传播方向和能量上与零级光束有区别，而且根据标记的性质其极化相位或状态也与零级光束不同。

零级和较高级衍射光束经由物镜系统14、准直透镜13、光束分离器12构成的光学系统到达检测系统15。在一个含有标记的信息结构中，所述标记具有的反射系数不同于其周围的部分的反射系数，零级光束和较高级光束入射到检测系统中的辐射部分将相互干扰。所产生的电性检测信号幅值的DC值与零级光束的能量成正比，一般来说，其AC值极近似地与零级光束的辐值和高级衍射光束的辐值之积成

正比，这一点在G. Bouwhuis等人（Hilger, 1985）所著的书“光盘系统的原理”第二章中已公知。这一章中描述了检测信号如何从衍射光束的能量中计算出。如果源于信息面 i 产生的零级光的光学能量，即辐值的平方值由 E_i 表示，那么，相关检测信号的辐值的DC值与 E_i 成正比。辐值的AC值与 $E_i m_i(f)$ 成正比，其中，调制因子 m_i 与高级衍射光束的辐值和零级衍射光束的辐值之比成正比。参数 f 是检测信号的频率。这指示出频率与调制因子有关，即频率与被读轨迹中的信息内容有关。因为较高级光束的大偏射角会使一部分辐射不进入到物镜系统而损失掉，所以较高级光束的辐射的一部分将不被检测系统接收。第一级衍射光束与零级衍射光束之间的角度越大，落到物镜系统之外的部分越多。检测信号总的能量损失由调制传递函数 $MTF(f)$ 表达。由于在轨迹中的标记相对于光点移动，轨迹的空间频率被转换成检测信号的时间频率，所读出的信号 S_r 即当被读轨迹中的标记被扫描时，所产生的检测信号的一部分现在可写作为：

$$(1) \quad S_r = C \sum_f E_i m_i(f) MTF(f),$$

其中， C 是从光辐射转换成电信号的一个检测常数， $m_i(0) = 1$ 。所述的加和是在被读轨迹中所有频率上的加和。如果所述频率不是离散的而是连续分布的，那么，等式（1）中的加和应用积分来代替。尽管等式（1）的推导是基于一种具有不同反射系数的标记的信息结构，但是，每种信息结构的读出信号都可以写成等式（1）的形式。调制因子 m_i 与信息结构的性质有关，即与衍射光束的性质有关，这

些性质例如为光束的相关能量、相互相位关系及极化状态，并且与检测系统 1 5 中的辐射转化成电检测信号的方式有关。调制传递的函数 M T F 与其辐射聚焦在信息面上的光学系统的性质有关，以及将来自信息面的辐射通向检测系统的光学系统，即图 1 中示出的读出装置的准直透镜 1 3、物镜系统 1 4 有关。

当前不被读的，并且位于扫描光束的辐射路径上的信息面也直接将辐射导向检测系统，并且每一个这样的信息面都以干扰信号的形式成为检测信号 S d 的一部分。每一这样的干扰信号都能与等式 (1) 用于表示读出信号 S r 的类似形式表达。来自不被读的信息面的这些干扰信号的总和给出了整个的干扰信号。对于所读的信息面 i 的干扰要求现在可写为：

$$(2a) \quad \frac{\sum_{j \neq i} \sum_f E_j m_j(f) MTF(f, d_j/n)}{\sum_f E_i m_i(f) MTF(f, 0)} < Q.$$

在上式中，如果辐射光束聚焦在信息面 j 中， $m_i(f)$ 就是信息面 j 的调制因子，而 E_j 是来自信息面 j 的辐射能量，如果辐射光束被聚焦在被读的信息面 i 上的话。对于不被读的一个信息面，也称为干扰面来说，调制传递函数 M T F 与被读的信息面的调制传递函数常常是不同的。如果光点不位于干扰面上，情况特别是这样。随着干扰面散焦的增加，这个面的传递函数值迅速地减小。这个散焦关系由等式 (1) 中的参数 d_j / n 来指示，其中， d_j 是干扰面 j 与辐射光束聚焦在其上的被读信息面 i 之间的距离， n 是面 i 和 j 之间介层的折射指数。如果在信息面之间有不同折射指数的层， d_j / n 之值

应该由这些层一起确定。

在干扰要求 (2 a) 的计算中, 不同干扰面的辐射的光学能量被加到一起。由于一个光能被转换成在检测系统 1 5 中的电性幅值, 那么等式 (2 a) 中光能的相加将意味着干扰信号的电性幅值被加到一起。因此, 干扰要求 (2 a) 应用到其正确的操作与干扰信号的瞬时幅值相关的检测电路 1 7 上。然而, 如果一个检测电路的正确操作与干扰信号的平均能量相关, 那么在干扰要求的计算中应用电能量来代替幅值加和到一起。对于这样的检测电路, 干扰要求为:

$$(2b) \quad \frac{\left[\sum_{j \neq i} \left(\sum_f E_j m_j(f) MTF(f, d_j/n) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\sum_f E_i m_i(f) MTF(f, 0)} < Q.$$

在公式 (2 a) 和 (2 b) 中, M T F 的值被使用, 随着 M T F 变成负的或复数的 (当有散焦或象差时)。

被读出的信号和干扰信号一般含有一个 A C 成分和一个 D C 成分。通过在等式 (2 a) 和 (2 b) 中从零开始在 f 上取和这两个成分都含在干扰要求中。D C 成分可能引起图 2 中的检测信号 S d 的电平相对于检测电平 D 的漂移, 这会引起所检测时刻的漂移, 在这个时刻所述检测信号具有检测电平值。其结果是降低了信息信号的可靠性。在某些检测电路中对 D C 成分的灵敏程度与对 A C 成分的敏感程度不同。如果是这样情况, 干扰要求应该分成两个要求。A C 干扰要求由公式 (2 a) 或 (2 b) 给出。在 f 上的相加由大于零的一个频率开始。Q 用 Q A C 代替。D C 干扰要求由下式给出:

$$(3) \quad \sum_{j \neq i} \frac{E_j}{E_i} MTF(0, d_j/n) < Q_{DC},$$

其中， Q_{DC} 是检测电路的DC干扰比值，对零频率的调制因子 m_j 和 m_i 等于1，调制转换函数为 $MTF(0, 0)$ 。为了满足干扰要求，应试图最大地减小由不被读出的信息面产生的干扰信号。另一方面，在信息面的读出期间希望读出尽可能大的读出信号以确保检测电路的满意的工作。较大读出信号有这样的优点，即将会在读出信号中有较小的噪声以便信息信号能更容易地从检测信号中得到。这提供了每单位时间增加所读出信息量的可能性，或者增加信息面的信息密度的可能性。然而，由一个信息面产生的干扰信号的减小常常也导致当这个信息面被读时读出信号的减小。如果一个信息面的干扰信号，例如，是由该信息面调制因子的减少来减小的话，那么，当这个信息面被读出时，将导致信息面读出信号的较小的调制，因此，记录载体的参数应该选择成恰好满足干扰要求，这意味着每一被读的信息面有最大的读出信号，而不被读的信息面的干扰信号有可允许的最大值。

原则上，减小干扰信号以满足所述干扰要求可以通过调整公式(2a)或(2b)中的每个参数来完成。例如，有一种可能是压缩一干扰面的被检测辐射 E_i 的量，另一种可能是减小一干扰面的调制因子 $m_j(f)$ ，进而减小一干扰面的调制传递函数 $MTF(f, d_j/n)$ 。在一记录载体中读取每一信息面都必须确定干扰要求。对于这些干扰要求中的每一个，其参数值要满足所确定的记录载体的结构。下面将给一些例子以说明在一个信息存储系统中满足上述可能性的方式。在大多数例子中，将涉及一个干扰面对所读的一个

信息面的影响。以类似的方式，并结合公式(2a)和(2b)的干扰要求可以确定其它可能的干扰面的干扰信号。

第一种减小干扰信号的可能性是对信息面使用不同的读出方式。为此，信息面可能有不同的波长灵敏度。根据此原理的读出装置是公知的，特别是在德国专利申请NO 3 7 4 1 9 1 0中，图3示出了这样一种在两种波长下工作的装置。两个辐射源20和21，例如半导体激光器，产生两个波长 λ_1 的 λ_2 的辐射。两束激光的辐射光束利用一个中性镜22和一个分光镜23复合。该辐射光束利用镜31反射到物镜系统14上，物镜系统14将光束聚焦在记录载体5内的一个信息面上。记录载体由马达24旋转，辐射光束可对记录载体上的轨迹进行扫描。由记录载体反射的辐射经一个光束分离器25从光束的前进方向反射到一个第二分光镜26上，该分光镜26使波长为 λ_1 的辐射进入检测系统27，波长为 λ_2 的辐射进入检测系统28。每个检测系统的检测信号都通向检测电路29、30，它们能从检测信号中产生信息信号。图3A的读出装置提出了同时读出不同信息面的可能性。如果同时读出不需要，那么，只需要一个检测机构，分光镜26，检测系统28及检测电路30可以被省略。

图3B中示出了用于图3A所示的读出装置的一个记录载体5的实施例，它具有两个空间上分离的信息面，信息面由基底7上的单个薄层1构成。一个其反射系数与周围环境不同（主要对波长 λ_1 而言）的标记可以利用波长为 λ_1 的高能辐射光束来写入到薄层中。这个写入操作可以用公知的“光谱孔燃烧”(spectral-hole burning)法来进行。如果这样写入的标记用波长为 λ_1 的辐射来读出的话，也能获得一个好的读出信号，而当这些标记用波长为 λ_2 的辐射来读出，

会获得弱的读出信号。反之，当写入标记的辐射为波长 λ_2 时，用波长 λ_1 的辐射读出该标记则获得弱的读出信号，而这些标记用波长 λ_2 的辐射读出时会获得好的读出信号。这些标记应满足的要求遵循干扰要求，即公式(2 a)。在以单一波长读出时，例如 λ_1 ，被读的信息面与不被读的信息面一致，即 $E_1 = E_2$ ，且 $d_2 = 0$ 。对于来自两个信息面的波长为 λ_1 的辐射来说，调制传递函数基于同样的原因是相等的。最后，如果两个信息面由近似一样的频谱构成，那么在波长 λ_1 下读出时干扰要求减少为：

$$(4) \quad \frac{m_2}{m_1} < Q.$$

调制因子之值 m_j 与标记的大小有关，还与标记反射的幅值与其周围环境的反射幅值之差别有关，反射幅值等于反射强度的平方根。如果在两个波长下写入的标记有同样的尺寸，干扰要求可写为：

$$(5) \quad \left| \frac{\sqrt{R_2} - \sqrt{R}}{\sqrt{R_1} - \sqrt{R}} \right| < Q.$$

其中 R 是标记周围信息平面的反射强度系数， R_1 是用波长 λ_1 的辐射写入的标记的反射强度系数， R_2 是用波长 λ_2 的辐射写入的标记的反射强度系数。在这种情况下为简化起见假设反射强度系数 R 对两个波长是相等的。如果对于来自不被读的信息面的干扰信号干扰比值 Q 取为0.03，那么 R 等于0.30，在 λ_1 下测到的 R_1 等于0.05，在 λ_2 下测到的反射系数 R_2 应该从0.30即 R 值偏离小于0.01，

同样，对于用 λ_z 辐射读出时也有同样的考虑。不被读的标记应该与其周围环境有差不多同样的反射系数。层1应该有这样的化学成分，即反射系数的光谱敏感性满足这些要求，如果读出装置通过将两种波长的辐射聚焦在信息面上来同时读出两个信息面，那么，不希望的波长的辐射，经不理想的分光镜26仍然到达不为此目的而设的检测系统，那么这个不希望的波长的辐射在干扰要求中形成额外的干扰信号。分光镜的质量对于在同时读出期间所产生的信息信号的质量是具有决定性意义的。

图3C示出了用于图3A的读出装置的又一个记录载体5实例。这个实施例具有两个分离的信息面，每个信息面由不同波长的辐射读出。其优点是构成两个信息面的物质能够互不约束地优化，这样，给设计提供了较大的自由度。信息面1和2由中介层8分隔开，中介层8的厚度可以为零，这时，两个信息面实际上互相直接接触。这样一个记录载体其中介层为 $2\mu\text{m}$ 已由德国专利申请NO. 3741910的图1所公知。然而，这个专利申请没有说明反射的波长灵敏度之值与读出装置中检测电路的性质的关系以达到在这种记录载体中满意的信息读出。按照本发明的、由公式(2a)所给出的干扰要求保证了参数间的所要求的关系。这些参数对于信息存储系统的设计是必须的。为了获得尽可能高的信息密度，信息面之间的距离应选择成尽可能小，最好是甚至小于辐射光束波长的数量级。尽管这样一个小的中介距离，干扰要求也能通过对与反射相关的波长的正确选择来满足。

现在参照图3D对图3C所示的记录载体的干扰要求的结果作出解释，在图3D中示出了在信息面1和2上读出光束33的反射光线。在所考虑的情况下信息面2用波长 λ_z 的辐射读出。并且由信息面1

所引起的可允许的干扰应该被确定。图 3 D 中入射光线 3 3 的电场具有幅值 a 由信息面 1 和 2 反射的光线的幅值由 3 4 和 3 5 表示, 分别为 $a\sqrt{R_1}$ 和 $a T_1\sqrt{R_2}$, 其中 R_1 和 T_1 是信息面 1 的反射强度系数和透射强度系数, R_2 是信息面 2 的反射强度系数, 所有系数都应用到波长 λ_2 。

由信息面 2 产生的读出信号的能量主要由经信息面反射的零级和高级衍射光束的能量来确定。由于入射到信息面 2 上的光束的幅值等于 $a\sqrt{T_1}$, 那么, 由信息面 2 形成的零级衍射光的幅值为 $a\sqrt{T_1 R_2}$, 高级衍射光的幅值为 $a\sqrt{T_1 R_2} m_2$: 在这种情况下已假定高级光束的能量与反射和透射光束的能量相比是很小的。如果信息面 1 仅仅透射而不反射, 在经信息面 1 透射之后, 零级和高级光束将在检测器上发生干涉, 并且提供一个与 $a^2 m_2 T_1^2 R_2$ 成正比的读出信号。然而, 由信息面 1 反射的光束 3 4 应加到来自信息面 2 的零级光束中, 如果信息面之间的距离比 λ_2 小得多, 那么, 零级光束 3 4 和光束 3 5 的幅值应加在一起以给出一个相长 (constructive interference) 干扰。现在, 信息面 2 的零级光束和光束 3 4 之和在检测器上与信息面 2 形成的高级衍射光束发生干涉, 这样, 在检测器的输出端上产生跟随读出信号 S_r :

$$\begin{aligned}
 S_r &= a T_1 \sqrt{R_2} m_2 \left(a T_1 \sqrt{R_2} + a \sqrt{R_1} \right) \\
 (6) \quad &= a^2 m_2 \left(T_1^2 R_2 + T_1 \sqrt{R_1 R_2} \right)
 \end{aligned}$$

当由公式 (2 a) 给出干扰要求的分母中 $i = 2$ 时, 这个公式等于 E_i

m_1 。

当信息面 2 被读时，信息面 1 是一个给出干扰信号的干扰面，在图 3 D 所示的记录载体实施例中，信息面 1 是这样一种相位结构，它由一个部分反射层构成，该部分反射层在两个有相等折射指数的透明层之间有一个凸纹 (relief)。这样的信息面仅仅在反射中产生衍射。从信息面 1 反射的具有幅值 a 的入射光束 3 3 不仅仅产生一个在反射中具有幅值 $a\sqrt{R_1}$ 的零级衍射光束 3 4，还产生了幅值为 $a\sqrt{R_1} m_1$ 的高级衍射光束。如果信息面 2 不存在，这些零级和高级衍射光束将在检测器上干涉，并且产生含在检测信号中的干扰信号，检测信号与 $a^2 m_1 R_1$ 成正比。因子 m_1 是在无其它信息面的情况下由信息面 1 产生的检测信号的调制因子。由于信息面 2 的存在，信息面 1 的零级光束 3 4 由光束 3 5 加强。光束 3 4 和 3 5 之和现在在检测器上与由信息面 1 形成的高级衍射光束干涉。在检测器的输出上产生下列干扰信号：

$$(7) \quad E_1 m_1 = a^2 m_1 \left(R_1 + T_1 \sqrt{R_1 R_2} \right).$$

当两个信息面有可比较的频率内容和同样的调制传递函数时，干扰要求 (2 a) 为：

$$(8) \quad \frac{m_1 \left(R_1 + T_1 \sqrt{R_1 R_2} \right)}{m_2 \left(T_1^2 R_2 + T_1 \sqrt{R_1 R_2} \right)} < Q.$$

在通常， R_1 、 T_1 和 R_2 之值为 0.1、0.8 和 0.4，调制因子

应满足：

$$(9) \quad \frac{m_1}{m_2} < 1,60 Q.$$

如从所说的“光盘系统的原理”一书中所述的那样，通过选择在信息面 1 中的相位结构的双通相位深度 (double-pass phase depth) 对 λ_1 来说近似等于 2π ，可使调制因子 m_1 保持为很小，然而，相位深度应该是这样的，即在用 λ_1 的辐射读出信息面 1 时所需的相位深度不同于 2π ，有一个大的调制因子。通过增加反射系数 R_2 ，等式 (9) 中的调制因子之间的比值能更有利。为了满意地对信息面 1 也能读出， R_1 和 R_2 最好是与波长相关的，这可通过对信息面材料的选择来实现：在波长 λ_1 上， R_1 应该较大， R_2 应该较小，在 λ_2 上正好相反。如果对于信息面来说用目前可能的材料很难满足所述干扰要求，那么，例如可通过增加两信息面之间的距离来使信息面 1 的干扰信号减小，以使干扰面的调制传递函数更小。

类似前述的推导公式可以应用在采用波长为 λ_1 的辐射对信息面 1 来读出的过程。在图 3 D 所示的记录载体实施例中，信息面 1 不形成在透射中的任何高级衍射光束。在形成这些光束的记录载体中，表达式 (6) - (9) 应能适用。

前面所列举的例子指出了在简化了的情况下如何确定记录载体的参数以满足干扰要求。在较复杂的情况下，特别是中介层 8 的厚度与波长的数量级相同的情况下，可以以类似方式进行计算，其中，相位在光学转变点上跳跃，在层中相位的旋转以及在转折点之间的多重反射都应以已知的方式加以考虑，然而，这一计算大部分是用数字表示的，

不能象前文那样有公式来简化。上述论点应用到这样的记录载体上，在该载体上标记可产生用于读出标记的辐射的高级谐波。

对于具有不同信息结构的信息面来说，减少干扰信号的第二种可能性是使用具有不同检测方式的读出装置。一个信息存储系统的例子是，其中，记录载体上的信息是以磁畴结构以及凹点结构来存储的，每种结构与该结构相适配的特定的检测方式读出。这样一种含记录载体 5 和读出装置 6 的信息存储系统在图 4 A 中显示出来。在读出装置中一个辐射源 1 1 发出一辐射光束，该光束经（例如部分极化）一个光束分离器 2 5 到达物镜系统 1 4，并由该系统聚集在记录载体 5 的信息面上。经记录载体反射的光束经光束分离器 2 5 入射到光束分离器 3 6 上，光束分离器 3 6 将该光束分裂成两个其极化方向相互垂直的次光束。这两个次光束入射时分隔开的检测器 3 7 和 3 8 上，检测器 3 7 和 3 8 的输出连接在含一个差分放大器 3 9 和一个加法放大器 4 3 的电路路上。两个检测器中的每一个都将所接收的次光束的辐射转换成一个电信号。所述差分放大器 3 9 形成一个检测信号 4 0，该检测信号是两个电信号之差。加法放大器 4 3 形成一个检测信号 4 4，该检测信号是两个电信号之和，每个检测信号 4 0 和 4 4 经检测电路 4 1 和 4 5 分别被转换成信息信号 4 2 和 4 6，单元 3 7、3 8、3 9 和 4 3 一起构成一个检测系统。

图 4 B 是局部记录载体截面图。该记录载体有两个信息面，信息面 1 中信息以凹点形式形成在下层的基底 7 上，信息面 2 中信息以磁畴形式形成在可磁化层上。信息面可以由一个中介层 8 分隔开，如图所示，但是它们也可以相重合。如果扫描光束聚焦在信息面 1 上，如图所示，光束将由凹点来调制。所导致的反射光束的能量调制按第一

种检测方式来检测，即由检测器 3 7 和 3 8 提供的电信号由加法放大器 4 3 来相加，在这里可获得凹点检测信号。如果扫描光束 32 聚集在信息面 2 上，光束将因磁化状态的变化来调制。所产生的反射光束的极化调制按照第二种检测方式来检测，即由检测器 3 7 和 3 8 提供的电信号由差分放大器 3 9 来相减，在这里可获得磁畴检测信号 4 0。

对于一个其中两个信息面相重合的信息存储系统来说，读出磁畴的干扰要求遵循公式 (2 a)，其中 $E_1 = E_2$ 。在干扰要求中的调制传递函数 M T F 必须按第二种检测方式确定，即用于从记录载体到检测信号 4 0 的辐射中调制的传递，由信息面中凹点结构产生的调制的传递函数这时等于一个衰减系数 Z 与由凹点结构产生的调制的传递函数之积。因子 Z 是磁畴检测信号 4 0 (由于凹点被不希望地读出) 的调制与凹点检测信号 4 4 (由于同样的凹点) 的调制之比值。凹点产生在检测器 3 7 和 3 8 中的电信号有大体相同的形状，由差分放大器 3 9 产生的磁畴检测信号 4 0 应该为零。磁畴检测信号 4 0 不等于零这一事实是由于在记录载体 5 中，在从载体到检测器 3 7 和 3 8 的光径中以及在检测系统中的电路中的小小偏差引成的。然而，在凹点产生的磁畴检测信号 4 0 比在加法放大器 4 3 的输出上的由凹点产生的凹点检测信号 4 4 弱得多。如果凹点和畴的信息内容类似，并且两种型式的标记

如果以其自身的检测方式来读出，那么以其自身的检测方式 产生相等强度的读出信号，干扰要求可写为：

$$(10) \quad Z < Q.$$

Q 是检测电路 4 1 的干扰比值。为了在用于磁畴的第二检测方式下抑制凹点信息，等式 (1 0) 给记录载体和读出装置的光学系统提供了要求。如果这个要求被满足，当以第二检测方式读出磁畴时，凹点的

影响将变得很小。

如果要读出图 4 B 中的信息存储系统中的信息面 2，其中记录载体中的信息面不相重合，那么，干扰要求 (2 a) 为：

$$(11) \quad \frac{E_1 \sum_f m_1(f) MTF(f, d/n)}{E_2 \sum_f m_2(f) MTF(f, 0)} < Q.$$

来自两个信息面的光束的能量由两个面的反射和透射系数来确定，如果在两个信息面之间的中介层 8 的厚度 d 大于物镜系统 1 4 的景深，那么，当信息面 1 被读时，由信息面 2 反射的辐射对由信息面 1 所产生的干扰信号无大的影响，这与图 3 C 中的记录载体的情况相反，在图 3 C 中由于信息面之间的小距离，这种影响它本身可觉察到。由记录载体反射的辐射能量与由检测系统接收的能量等于由各分离的信息面反射的辐射能之和。这样，可给出由两个信息面反射的辐射能之比值：

$$(12) \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{R_1}{T_1^2 R_2}.$$

由信息面 2 产生的调制传递函数 $MTF(f, 0)$ 等于用于一个不相干照明的系统的已知的调制传递函数。由干扰面 1 产生的调制传递函数是位于焦点外由上述衰减因子 Z 放大的信息面 1 产生的散焦的调制传递函数。

现在干扰要求 (1 1) 可写为：

$$(13) \quad \frac{R_1 \sum_f m_1(f) Z MTF_1(f, d/n)}{T_1^2 R_2 \sum_f m_2(f) MTF(f, 0)} < Q$$

其中， MTF_1 的脚标 1 指示调制传递函数必须在第一检测方式中确定，同时，对于信息面 2 的读出使用第二检测方式要考虑到因子 Z 。对在一个给定了结构和参数的记录载体的情况下，关于干扰比值 Q 及检测信号 4 0 和 4 4 的差别（表达为对 Z 的要求），所述要求可以施加到读出装置上。另一方面，在给定了 Q 和 Z 值时，记录载体的参数可以确定。在一个具有这样的中介层 8 厚度的信息存储系统中，调制传递函数 MTF_1 和 MTF 之比值等于 0.15，并且，保持 $Q = 0.03$ ， $Z = 0.033$ ， $m_1 = m_2$ ， $R_2 = 0.3$ ， $T_1 = 1 - R_1$ （即忽略信息面 1 的辐射吸收），那么，为了遵守干扰要求（13），信息面 1 的反射系数 R_1 应该小于 0.48。从给定的 Q 、 Z 、 R_1 、 R_2 、 m_1 和 m_2 之值开始，传递函数 MTF_1 和 MTF 的最大比值也可由公式（13）确定。信息仍然能够满意地被读出的信息面之间的最小距离可从中得出。当使用最小距离时，记录载体 5 有最大的信息密度。

以类似的方式，干扰要求可以被给出以用于具有凹点结构的按第一检测方式的信息面 1 的读出。由信息面产生的凹点检测信号 4 4 有 DC 值和 AC 值。因此，它一般采用如图 2 所述的方式在检测电路 45 中被检测，检测电平 D 是检测信号的 DC 值，来自记录载体中的信息面 2 的辐射不仅仅引起凹点检测信号 4 4 的不希望的调制，还引起 DC 值的偏移。这个偏移会导致由被读信息面产生的调制的不可靠检测。

检测仍能可靠进行的可允许的偏移可以在DC干扰要求中表达出来。那么AC干扰要求提供了信息面2的可允许的AC干扰信号。所述偏移可以表达成凹点检测信号44的调制幅度的一部分，或者是DC值的一部分。在后一种情况下，DC干扰要求可以用公式(3)给出。如果光束的能量满足等式(12)，DC干扰要求则可以写为：

$$(14) \quad \frac{T_1^2 R_2}{R_1} MTF_1(0, d_j/n) < Q_{DC}.$$

所述调制传递函数说明信息面2的在焦点之外 的辐射有多少被检测系统接收到，通过执行一种已知为共焦点检测的检测可使这个值显著减小。对于一个具有中介层8的厚度d的信息存储系统，其中检测系统的构成为 $MTF_1 = 0.15$ ，DC干扰比值 $Q = 0.05$ ，那么如果 $R_2 = 0.3$ ， R_1 必须大于0.36。与前面读出信息面2时计算的干扰要求一起。可以得出，信息面1的强度反射系数应该是0.36和0.48之间的一个值。

图5A说明了反射式读出信息的记录载体5，其中，干扰要求会引起对记录载体的参数的一些特殊的要求，该记录载体有三个信息面1、2、3，从辐射光束32从物镜系统(未示出)进入到记录载体的一侧算起。两个中介层具有厚度 d_1 和 d_2 分别位于信息面1和2、2和3之间。图中示出的情况是信息面3利用辐射光束32读出，由信息面2反射的辐射形成一个汇聚光束50，由虚线表示，在信息面1的方向上。如果中介层有同样的厚度，这个汇聚光束将聚集在信息面1。汇聚光束中的一部分辐射将透过信息面1，形成发聚光束51，它可由物镜系统接收。另一部分经信息面1和2的进一步反射后返回到物

镜系统结果，返回到物镜系统中的一部分辐射聚焦在被读的信息面 3 上，同时，另一部分聚焦在干扰面 1 上。从信息面 1 和 2 反射的辐射光束 5 0 将产生一个大干扰信号，由信息面 1 透射的光束 5 1 远离物镜系统的焦点，将产生比由信息面 1 反射光束所产生的干扰信号小得多的干扰信号。读出信息面 3 的干扰要求 (2 a) 是：

$$(15) \quad \frac{T_1^2 R_2 \sum_f m_2(f) MTF(f, d_2/n) + T_1^2 R_2^2 R_1 \sum_f m_1(f) MTF(f, (d_1 - d_2)/n)}{T_1^2 T_2^2 R_3 \sum_f m_3(f) MTF(f, 0)} < Q,$$

其中，分子上的第一项是信息面 2 产生的干扰信号，第二项是信息面 1 产生的干扰信号，第二项可以认作为信息面 1 相对于信息面 2 成像所形成的虚构信息面的干扰信号。所述的虚拟信息面与被读的信息面 3 的距离为 $(d_1 - d_2)$ ，有效反射系数为 $R_1 (T_1 R_2)^2$ 。

如果 $d_1 = d_2$ ，如图 5 A 所示，虚拟信息面与信息面 3 相重合。公式 (15) 中第二项的调制传递函数则有一个聚焦值，那么是相对较大的，在这种情况下，公式 (15) 中的第一项往往被忽略，如果信息面 1 和 3 的信息或频率内容以及调制因子是相似的。那么公式 (15) 可写为：

$$(16) \quad \frac{R_2^2 R_1}{T_2^2 R_3} < Q.$$

在反射系数相等并忽略信息面的吸收的情况下，反射系数应小于 0.15 以满足 $Q = 0.03$ 的干扰要求。在等距离信息面的记录载体中，信

息面不应有太高的反射系数。但是，最远离物镜的信息面，即图 5 A 中的信息面 3，可能有高反射系数。

有三个信息面的记录载体必须遵守三个干扰要求，第一个是对每一信息面的读出而言的，因此减小了记录载体参数的设计范围。对于图 5 的记录载体的设计者，如果他说出了中介层 8 和 9 的不同厚度，而不是相同厚度，将会有设计的更大自由度。这导致了在公式 (1 5) 中第二项中的调制传递函数值的减小，这样，由信息面 1 产生的干扰信号强度也被减小。当中介层的光学厚度，即 $d \cdot n$ 之比值大于 1.5 时，可以获得记录载体参数值选择的较大自由度。为了保持高的信息密度，这个比值应小于 3，最好是小于 2。当较薄的中介层比较厚的中介层更接近于辐射光束 3 2 进入记录载体的入射面时，可获得最小的干扰信号。

在多于三个信息面的记录载体中，设计时应把注意力放在引起反射的所有虚构信息面位置的设计上。如果在两次或多次在其它信息面上的反射之后，一个虚构信息面与一个现存的信息面重合，那么，由于随信息面上辐射的反射数目的增加，干扰信号强度迅速减小，则不会导致不可接受的大的干扰信号。因此，通过信息面之间交替地放置较厚和较薄的中介层，如图 5 B 所示，多面记录载体常常可以满意地得到。单个干扰层的厚度由该中介层两侧的两个信息面的干扰要求来确定。两个依次相邻的中介层厚度的差别由干扰要求 (1 5) 来确定。图 5 B 中所示的记录载体可以这样来制成，即用等厚度的透明薄片堆积而成，每一信息面位于薄片的两侧，在薄片之间加一个空气层或一个透明材料层垫片。

从一个按反射方式读出的信息面中检测到的辐射量主要与位于该

被读信息面和物镜系统之间的信息面的透射有关。一般来说，随着被读信息面与物镜系统之间的距离增加，被读信息面所产生的读出信号的能量就会减小。但是，对于多面记录载体，不同面 j 的读出信号的能量可以保持一个恒值，如果下列条件：

$$(17) \quad R_{j+1} = \frac{R_j}{T_j^2}$$

被满足的话，其中 j 值随着物镜系统的距离的增加而增加。对于一个四面记录载体，第四个信息面是一个理想的反射面，并且信息面无吸收，那么 $R_1 = 0.16$ ， $R_2 = 0.23$ ， $R_3 = 0.38$ 及 $R_4 = 1.00$ 。

在干扰要求中的调制传递函数 M T F 与读出装置的光学参数有关。在给出 M T F 表达式之前，首先研究其中所包含的参数。M T F 主要与用来读记录载体的辐射的波长 λ 有关、与记录载体一侧物镜系统 14 的数值孔径 (N A) 有关。这些参数决定了物镜系统能透过的最高频率，即被分别读出的标记的最高空间频率。对于一个正常的相干照明光学系统，最高透射频率，也称为截止频率，由空间频率给出：

$$(18) \quad f_c = \frac{NA}{\lambda},$$

或者由时间频率 给出：

$$(19) \quad f'_c = \frac{NA}{\lambda} v,$$

其中， v 是光点扫描信息面的速度。对于所述读出装置来说，最高透

射频率等于 $2 f_c$ 。存在于信息面上所存储信息中和检测信号中的频率可以用一个无量纲参数 ω 表示，即

$$(20) \quad \omega = \frac{f}{f_c}.$$

同样，信息面之间的距离 d 可以根据物镜系统的景深来给出：

$$(21) \quad \xi = \frac{2dNA^2}{\lambda}.$$

当确定干扰要求时，被读信息面与一个干扰面之间的距离等于所述的散焦。即，参数 ξ 是一个信息面相对于光点散焦的一个度量，这个光点是用来对记录载体中该信息面进行读出的。

调制传递函数与检测系数 1 5 尺寸的相关性可以用参数 η 给出

$$(22) \quad \eta = \frac{r_d}{2MNA d}.$$

这里 r_d 是检测系数的有效半径。如果在检测系统的前方不设置一个光阑在辐射光束上，该有效半径则等于检测系统的辐射敏感面积的半径。如果一个光阑例如设置在正好在检测系统前方的辐射光束的汇聚点上，如同在共焦检测中所作的那样，有效半径就等于光阑的半径。等式 (22) 中的参数 M 是从记录载体 5 到检测系统 1 5 的光学系统的放大率。在图 1 所示的光学系统中包括物镜系统 1 4 和准直透镜 1 3。

信息面上的信息常常被安排成轨迹的形式，调制传递函数与轨迹周期 q 的相关性可表达成一个无量纲的参数 K ：

$$(23) \quad K = \frac{q NA}{\lambda}.$$

在下列等式中，通过加脚标 t 来表示与轨迹平行且在信息面上的方向，即切向。用脚标 r 表示与轨迹垂直且在信息面中的方向，即径向。

对于以反射方式读出的记录载体的调制传递函数可以下列方式写成切向的调制传递函数 MTF_t 与径向的函数 F_r 之积：

$$(24) \quad MTF(f, d) = MTF_t(f, d) F_r(q, d).$$

切向调制传递函数由无量纲参数给出：

$$(25) \quad MTF_t(\omega, \xi) = \frac{2}{\pi} \int_S d\beta d\epsilon \cos(\pi \xi \beta \omega).$$

如果记录介质的中介层的折射指数不等于 1，则参数 d 应用 d/n 替换。根据检测系统的尺寸，积分面积 S 等于

$$(26) \quad 0 < |\beta| < 1 - \frac{\omega}{2}, \quad 0 < \epsilon < \sqrt{1 - \left[|\beta| + \frac{\omega}{2}\right]^2} \quad \text{如果 } \eta > \sqrt{1 - \left[\frac{\omega}{2}\right]^2},$$

$$(27) \quad 0 < |\beta| < \eta, \quad 0 < \epsilon < \sqrt{\eta^2 - \beta^2} \quad \text{如果 } \eta < 1 - \frac{\omega}{2} \quad \text{和}$$

$$(28) \quad \text{所述两个面积的重叠面积} \quad \text{如果 } 1 - \frac{\omega}{2} \leq \eta \leq \sqrt{1 - \left[\frac{\omega}{2}\right]^2}$$

在检测系统有大的辐射敏感面时，所述积分要在入射至检测系统上的零级和高级衍射光束的重叠面积上进行（由公式（26）给出的积分面积）；在小的辐射敏感面时，在重叠面积中的积分仅仅在检测系统的表面进行（由公式（27）给出的积分面积）。显然，从公式（26），（27）和（28）中可以看出参数 ω ，即信息面的频率内容也确定辐射敏感面积是大还是小。如果敏感面小于光点在检测系统上的像，那么，有共焦检测。在无量纲参数中，这与 $\eta < 1$ （25）对应。在共焦检测的情况下，调制传递函数之值非常迅速地随散焦 ζ 的增加而减小。然而，不被读的信息面只产生小干扰信号。结果，与可能的无共焦检测相比，信息面之间的距离进一步减小，这使得记录载体的信息密度提高，对于一个大的检测系统，切向调制传递函数等于已知的不相干照明成像系统的调制传递函数，这从W、H、Steel的文章“正弦光栅的散焦图象”可以了解，这篇文章刊登在“Optica Acta”第三卷第二册1956、6、PP 65-74。

径向函数 $F_r(q, d)$ 在公式（24）中以无量纲参数的形式由下式给出：

$$(29) \quad F_r(\kappa, \xi) = \text{sinc}\left(\frac{\xi^2}{1,8}\right) \quad \text{如果 } \xi < 2,1 \text{ 和}$$

$$(30) \quad = \frac{\left[1 + \frac{\sqrt{\pi} \xi}{2\kappa}\right]^{\frac{1}{2}}}{4\xi} \quad \text{如果 } \xi \geq 2,1.$$

函数 $\text{Sinc}(x)$ 定义为 $\sin(x)/x$ 。所述径向因子 F_r 是建立在这样一个事实之上，即在被读轨迹上的信息和在与其相邻轨迹

上的信息在相位上是不相关的。对于一个无限大的检测器来说，所述调制传递函数在零频率和零散焦被标准化（归一化）。从理论上说，该调制传递函数局部地有深而尖锐的最小值，作为散焦 ξ 的函数。然而，这些最小值仅仅存在于只有单一频率存在的信息面上。在大多数情况下，信息是有一个频谱的，这样，最小值在调制传递函数中将不存在。为了确定调制传递函数，最好取用由公式（24）定义的函数的包迹。

上述公式（24）的包迹对于调制传递函数而言与一个信息存储系统中所测量的传递函数有良好的一致性。图6示出了对于参数值 $\omega = 0.6$ ， $K = 1$ 及 η 为大时，调制传递函数作为无量纲散焦 ξ 的函数的一个例子。该曲线在零散焦上被标准化，即 $20^{10} \log[|MTF(0.6\xi)|/MTF(0, \xi)]$ 沿着纵轴作出。实线是公式（24）之值，虚线是包迹。对于 $\xi > 2.5$ 时包迹的值 u ，再次在零散焦上标准化，由下式极近似地给出：

$$(31) \quad U(\omega, \xi) \approx 0.072 \left[\frac{1 + \frac{\sqrt{\pi}}{2K} \xi}{\left\{ \omega \left(1 - \frac{\omega}{2}\right) \right\}^3 \xi^5} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

现在举例说明对于一个按照本发明的记录载体来说，所需的信息面之间的距离如何利用图6得出。图6是由本发明的思想以及本发明为基础得到的，一个信息存储系统有一个检测电路，该电路具有一个干扰比值，用于当前不被读的信息面所产生的干扰信号，此时干扰比值 $Q = 0.01 = -40 \text{ dB}$ 。记录载体有两个信息面，这两个面上的

信息以标记方式同样编码，具有类似的频谱并满足等式(17)。在当前不被读的信息面的频谱中最低频率产生最大串音，这是因为调制传递函数之值一般随频率增加而减小。为了获得干扰信号的合理的近似，假定在频谱中只有最低频率存在。如果一个频率具有 $\omega = 0.6$ ，图6将给出相关的调制传递函数。干扰要求相当于寻找 ξ 的最小值，对此， $M T F(0.6 \xi) / M T F(0.6, 0) < Q$ 。图6中包含的虚线给出 $\xi = 5.2$ ，对 -40 dB 而言，这是从公式(21)得来的，这时波长 $\lambda = 0.8 \mu\text{m}$ ，数值孔径 $NA = 0.5$ ， $d = 8.4 \mu\text{m}$ 。如果在频谱带上存在不同频率，应该确定这个带的 $M T F$ 的加权平均值。两个信息面之间的中介层的最小厚度适用于中介层是空气的情况。如果中介层的折射指数大于1例如 $n = 1.5$ ， d/n 必须为 $8.4 \mu\text{m}$ ，因此 d 必须为 $12.6 \mu\text{m}$ 。所说的厚度是中介层的最小厚度，这时，信息面中的信息仍然满意地被读出，或者换句话说，在读出装置中的检测电路17能从检测信号 S_d 中得出可靠的信息信号 S_i 。在最小厚度时，在垂直于信息存储系统的记录载体中的信息面的方向上信息密度是最大的。如果中介层的厚度大于这个值，并且其中有一个信息面被读出，那么其它的信息面将形成检测信号 S_d 中的干扰信号，该干扰信号在读出信号电平之下大于 40 dB 。

对于所用的零频率的调制传递函数，例如对公式(14)中的DC干扰要求由下式给出：

$$(32) \quad M T F(0, d) = 1 \quad \text{如果 } \eta \geq 1, \text{ 以致}$$

$$(33) \quad M T F(0, d) = \eta^2 \quad \text{如果 } \eta < 1.$$

如在等式(14)中所考虑的那样,值 $M T F = 0.15$ 可以用 $\eta = 0.387$ 实现。它从公式(22)导出,其中半径 $r_d = 20 \mu m$,放大率 $M = 10$,数值孔径 $N A = 0.5$,在这时,中介层8的厚度或散焦应该是 $5.2 \mu m$ 或更大。

对于在接近物镜系统14的辐射光束上具有非均匀强度分布以及光学象差的读出装置来说,所述调制传递函数可以由已说明的几种方法来确定,例如在T. Wilson C. 和 Sheppard(学术期刊, 1984)等人的书“光盘系统原理”以及“扫描光学显微术”中第2、3、4章所述的那样并且可以接着用在与公式(24)一致的干扰要求(2a)或(2b)中。

前面所讲述的按照本发明的信息存储系统的实施例适用于检测由记录载体反射的辐射。然而,从原理上讲,上述所有满足干扰要求的方法也能应用于检测经记录载体透射的辐射。对于以透射方式工作的信息存储系统的干扰要求的结果基本上等于以反射方式工作的信息存储系统的。图7A示出了一种以透射方式工作的信息存储系统。在读出装置6'中,辐射源11产生一个辐射光束,经准直透镜53和物镜系统14聚焦在记录载体5'的信息面上。经记录载体透射的辐射被平行校正,例如用一个集光镜54进行,再用一个准直透镜55聚焦到检测系统15上。检测系统提供一个检测信号 S_d ,该信号由检测电路17转换成信息信号 S_i 。对于读出装置的正确操作来说,在读出过程中,物镜系统14和集光镜54应该对准同一光轴,这样,在一端的部件11、53、14及在另一端的构件54、55和15能用一个公用的驱动装置驱动以使辐射光束在圆形记录载体5'上沿径向移动。

图 7 B 示出了所述记录载体的截面图，辐射光束 32 聚焦在记录载体的信息面上。透射光束 56 的能量与光束聚焦在其上的信息面无关。即来自信息面的辐射光束能量 E 对所有信息面来说都等于干扰要求 (2 a) 或 (2 b)，或者

$$(34) \quad E_j = E_i \quad \text{对于所有的 } j \text{ 和 } i$$

在由信息面产生的检测信号 S_d 中的读出信号或干扰信号仅仅与在所透射的辐射中由相关信息面产生的调制有关，并且与信息面或者与信息面的次序数的可能不同的透射无关。读出信息面 i 时干扰要求 (2a) 可以写为：

$$(35) \quad \frac{\sum_{j \neq i} \sum_f m_j(f) MTF'(f, d_j/n)}{\sum_f m_i(f) MTF'(f, 0)} < Q.$$

干扰要求 (2 b) 可以以同样方式重写。

与以反射方式读出的信息面的调制传递函数一样，对于一个以透镜方式读出的信息面来说，调制传递函数 MTF' 可写为切向调制传递函数 MTF'_t 与径向函数 F_r 之积：

$$(36) \quad MTF'(f, d) = MTF'_t(f, d) F_r(q, d)$$

径向函数由公式 (29)，(30) 给出。原理上讲，切向调制传递函数可从“扫描光学显微”一书中获知。如果物镜系统 14 和集光镜

5.4 的数值孔径是相等的，并且如果光学象差很小，那么，切向调制传递函数能写成无量纲参数的形式，如下：

$$(37) \quad MTF'_t(\omega, \xi) = \frac{2}{\pi} \left[\arccos \left(\frac{\omega}{2} \right) - \frac{\omega}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{2} \right)^2} \right] * \\ \frac{1}{\pi} \int \int_S d\beta d\epsilon \cos(\beta\omega + \pi\xi\omega^2) \frac{J_1(\sqrt{\beta^2 + \epsilon^2}) J_1(\sqrt{(\beta + \pi\xi\omega)^2 + \epsilon^2})}{\sqrt{\beta^2 + \epsilon^2} \sqrt{(\beta + \pi\xi\omega)^2 + \epsilon^2}}$$

j，第一级Bessel函数及S是由下式定义的区域

$$(38) \quad -\sqrt{\zeta^2 - \epsilon^2} < \beta < \sqrt{\zeta^2 - \epsilon^2} \quad \text{和} \quad -\zeta < \epsilon < \zeta.$$

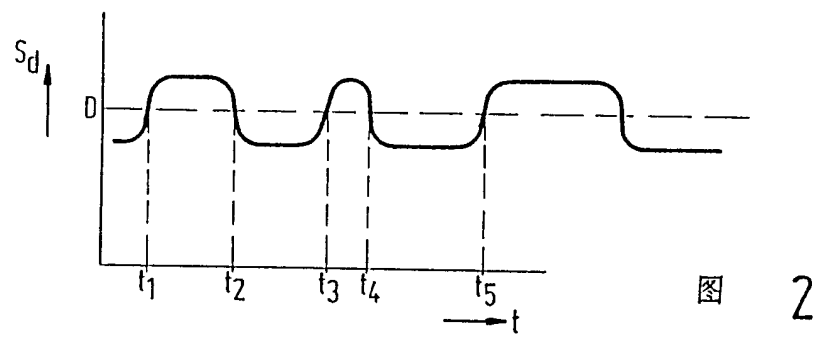
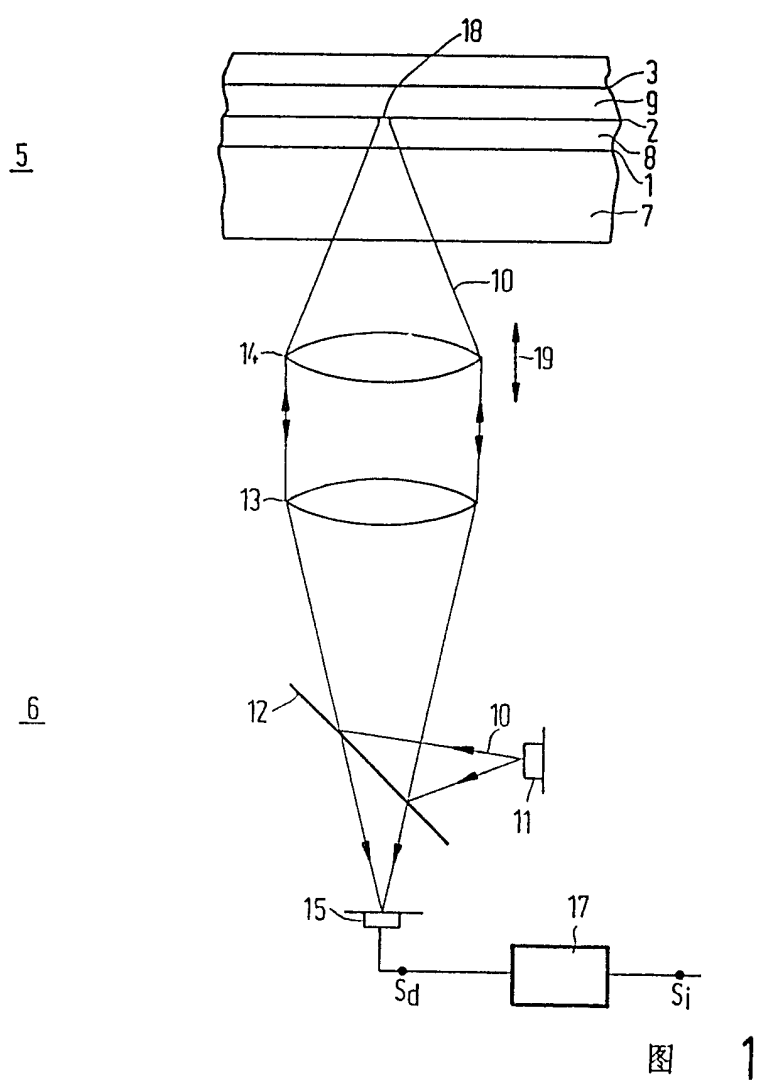
参数 ω 和 ξ 在公式(20)和(21)中确定参数 ζ 由下式给出：

$$(39) \quad \zeta = \frac{2\pi NA r_d}{M\lambda}$$

并且是利用含部件5.5和5.4的光学系统形成的检测系统1.5的辐射敏感面积的图象的无量纲半径。参数M是从记录介质5'到检测系统1.5的光学系统的放大倍数。调制传递函数对于一个无限大的检测器来说在零频率和零散焦上被标准化（归一化）。

上述的用于以反射方式读出的记录载体的同样方法可用于满足干扰要求(3.5)。适合于以透射方式读出的记录载体的优点是调制传递函数作为一个散焦 ξ 的函数其值迅速减小的程度快于适用于以反射

方式读出的记录载体的调制传递函数。结果，在最后提及的记录载体中的信息面的距离比反射读出的记录载体的信息面的小。以透射方式读出的另一个优点是由在其它信息面上成像形成的镜像信息面不会太大地影响干扰信号的强度。



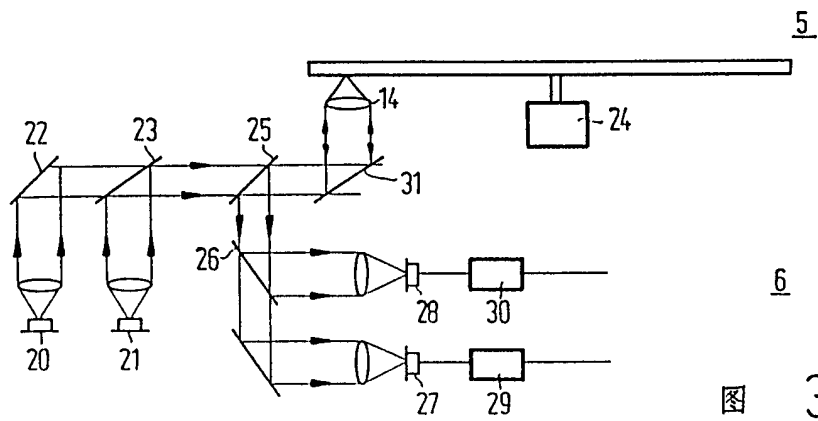


图 3A

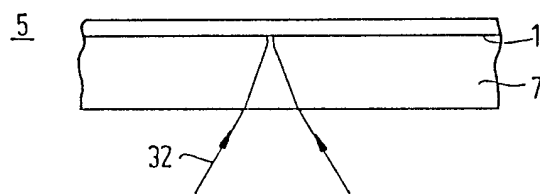


图 3B

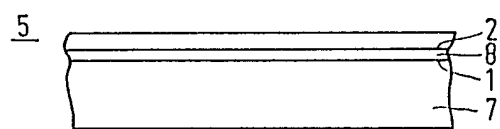


图 3C

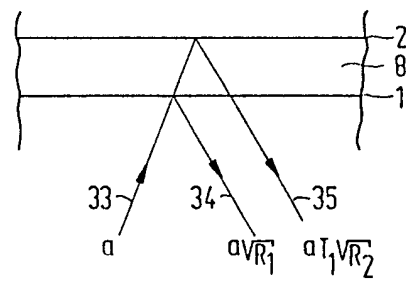


图 3D

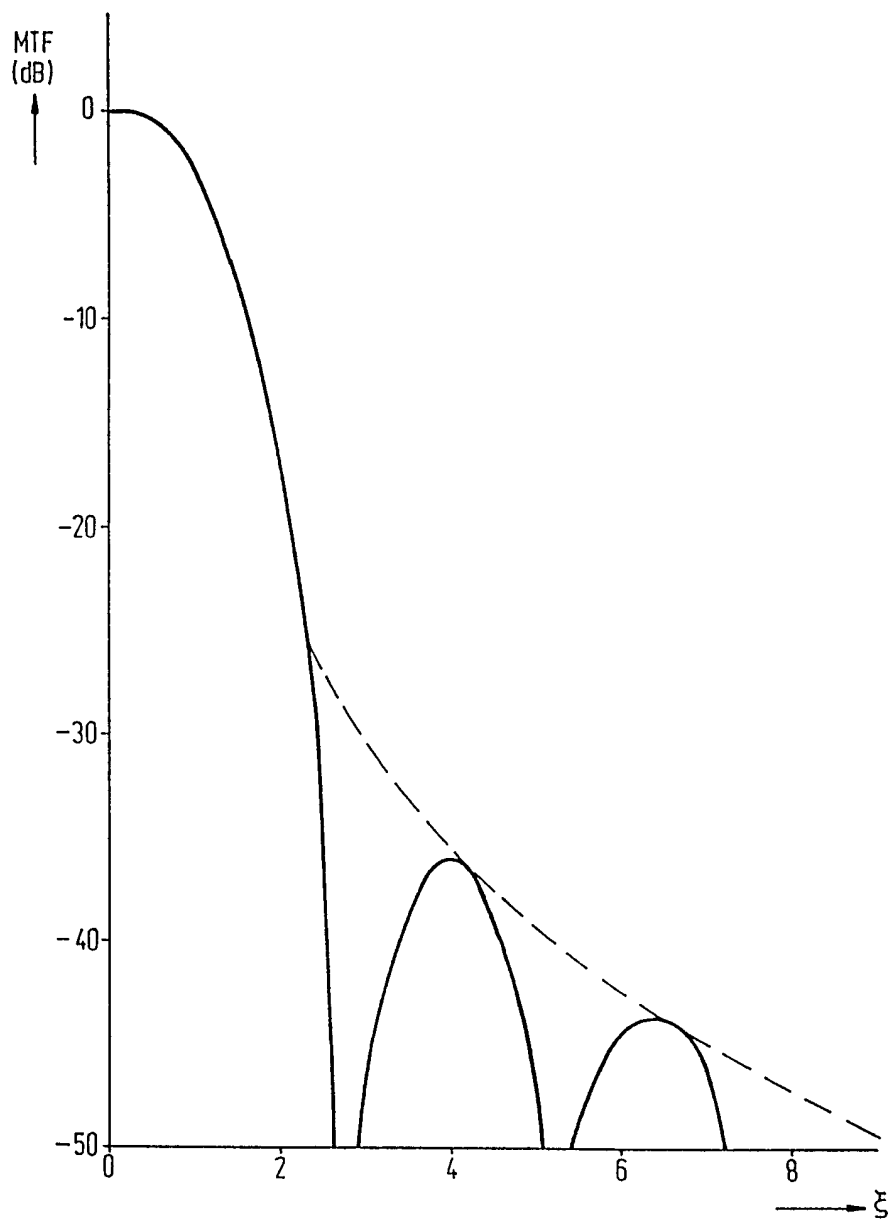


图 6

