



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104658555 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201410046797. 9

(22) 申请日 2014. 02. 10

(30) 优先权数据

61/908, 291 2013. 11. 25 US

(71) 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田朋良

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 陈海红 段承恩

(51) Int. Cl.

G11B 5/58(2006. 01)

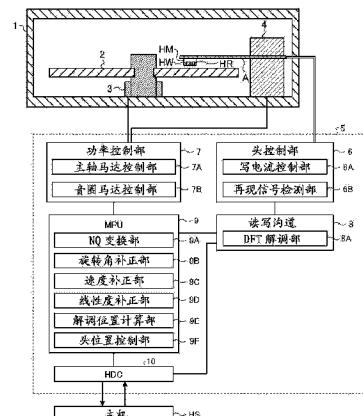
权利要求书3页 说明书19页 附图25页

(54) 发明名称

头位置解调方法及磁盘装置

(57) 摘要

根据一个实施例，以交叉磁道方向的相位成为互异的方式进行在下行磁道方向配置的 A 相突发图形及 B 相突发图形的解调时，根据上述 A 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量和上述 B 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量，计算磁头的解调位置。



1. 一种头位置解调方法,其特征在于,

以交叉磁道方向的相位成为互异的方式进行在下行磁道方向配置的 A 相突发图形及 B 相突发图形的解调时,根据上述 A 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量和上述 B 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量,计算磁头的解调位置。

2. 权利要求 1 所述的头位置解调方法,其特征在于,

将上述 A 相突发图形及上述 B 相突发图形的下行磁道方向的相位差分别设为 $\Delta \phi_a$ 、 $\Delta \phi_b$ 时,若上述 $\Delta \phi_a$ 、 $\Delta \phi_b$ 的绝对值相等,上述 A 相突发图形的再现信号的 cos 分量设为 c_A ,sin 分量设为 s_A 、上述 B 相突发图形的再现信号的 cos 分量设为 c_B ,sin 分量设为 s_B , $\text{sgn} = \Delta \phi_a / \Delta \phi_b$,则根据采用系数 ca 、 sa 、 cb 、 sb 而作为

$$N=c_A \cdot ca - s_A \cdot sa + c_B \cdot cb - s_B \cdot sb \cdot \text{sgn}$$

$$Q=c_A \cdot sa + s_A \cdot ca + c_B \cdot sb + s_B \cdot cb \cdot \text{sgn}$$

算出的 N、Q,计算上述磁头的解调位置。

3. 权利要求 2 所述的头位置解调方法,其特征在于,

若对于上述 A 相突发图形,上述 B 相突发图形的交叉磁道方向的相位差设为 $\Delta \theta_0$,则对于任意的角度 θ_{abt} ,上述系数 ca 、 sa 、 cb 、 sb 用

$$ca=\cos(\theta_{abt} + \Delta \theta_0/2), sa=\sin(\theta_{abt} + \Delta \theta_0/2)$$

$$cb=\cos(\theta_{abt} - \Delta \theta_0/2), sb=\sin(\theta_{abt} - \Delta \theta_0/2)$$

赋予。

4. 权利要求 2 所述的头位置解调方法,其特征在于,

上述相位差 $\Delta \phi_a$ 、 $\Delta \phi_b$ 的绝对值满足 $0 < |\Delta \phi_a| = |\Delta \phi_b| \leq 90^\circ$ 的关系。

5. 权利要求 2 所述的头位置解调方法,其特征在于,

在 $|N| > |Q|$ 的情况下设为 $r=|Q|/|N|$,在 $|N| \leq |Q|$ 的情况下设为 $r=|N|/|Q|$ 时,根据基于满足“ $\sum g_i = 1, i=1, 2, \dots$ ”的 2 个以上的系数 g_i 的多项式“ $\sum (g_i \times r^i), i=1, 2, \dots$ ”,算出上述磁头的位置误差信号。

6. 权利要求 2 所述的头位置解调方法,其特征在于,

具有交叉磁道方向 1 周期的磁化图形分割数 n 为 6 以上的伺服图形,在 $|N| > |Q|$ 的情况下设为 $r=|Q|/|N|/\tan(\pi/n)$,在 $|N| \leq |Q|$ 的情况下设为 $r=|N|/|Q|/\tan(\pi/n)$ 时,根据基于满足“ $\sum g_i = 1, i=1, 2, \dots$ ”的 2 个以上的系数 g_i 的多项式“ $\sum (g_i \times r^i), i=1, 2, \dots$ ”,算出上述磁头的位置误差信号。

7. 权利要求 6 所述的头位置解调方法,其特征在于,

将使上述磁头在交叉磁道方向偏移到多个位置时获得的振幅值或相对于上述各偏移的振幅值的变化率,针对伺服图形周期进行 DFT 运算,

根据上述 DFT 运算获得的 $(n-1)$ 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率,求出上述系数 g_i ,

根据上述 1 次分量和 $(n-1)$ 次分量的相对相位,求出将上述 N 和上述 Q 的关系在相位平面上表达的 NvsQ Lissajous 的旋转补正角。

8. 权利要求 3 所述的头位置解调方法,其特征在于,

上述相位差 $\Delta \theta_0$ 是 90° 的整数倍。

9. 权利要求 3 所述的头位置解调方法,其特征在于,

上述相位差 $\triangle \theta_o$ 是 45° 。

10. 权利要求 9 所述的头位置解调方法,其特征在于,

将使上述磁头在交叉磁道方向偏移到多个位置时获得的振幅值或相对于上述各偏移的振幅值的变化率,针对伺服图形周期进行 DFT 运算,

3 次分量的振幅相对于 7 次分量的振幅比既定值大的场合,根据 3 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率,求出基于满足“ $\sum gi=1, i=1, 2, \dots$ ”的 2 个以上的系数 gi 的多项式“ $\sum (gi \times ri), i=1, 2, \dots$ ”的系数 gi ,其中, $|N| > |Q|$ 的情况下 $r=|Q|/|N|$, $|N| \leq |Q|$ 的情况下 $r=|N|/|Q|$,且根据 1 次分量和 3 次分量的相对相位,求出将上述 N 和上述 Q 的关系在相位平面上表达的 NvsQ Lissajous 的旋转补正角,

3 次分量的振幅相对于 7 次分量的振幅在既定值以下且交叉磁道方向 1 周期的磁化图形分割数 n 为 8 的场合,根据 7 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率,求出基于满足“ $\sum gi=1, i=1, 2, \dots$ ”的 2 个以上的系数 gi 的多项式“ $\sum (gi \times ri), i=1, 2, \dots$ ”的系数 gi ,其中, $|N| > |Q|$ 的情况下 $r=|Q|/|N|/\tan(\pi/n)$, $|N| \leq |Q|$ 情况下 $r=|N|/|Q|/\tan(\pi/n)$,且根据 1 次分量和 7 次分量的相对相位,求出上述旋转补正角。

11. 一种磁盘装置,其特征在于,具备 :

磁头;

磁盘,在下行磁道方向记录了交叉磁道方向的相位成为互异的 A 相突发图形及 B 相突发图形;

控制部,在上述 A 相突发图形及 B 相突发图形的解调时,根据上述 A 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量和上述 B 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量,计算上述磁头的解调位置。

12. 权利要求 11 所述的磁盘装置,其特征在于,

将上述 A 相突发图形及上述 B 相突发图形的下行磁道方向的相位差分别设为 $\triangle \phi_a$ 、 $\triangle \phi_b$ 时,若上述 $\triangle \phi_a$ 、 $\triangle \phi_b$ 的绝对值相等,上述 A 相突发图形的再现信号的 cos 分量设为 cA ,sin 分量设为 sA 、上述 B 相突发图形的再现信号的 cos 分量设为 cB ,sin 分量设为 sB , $sgn = \triangle \phi_a / \triangle \phi_b$,则根据采用系数 ca 、 sa 、 cb 、 sb 而作为

$$N=cA \cdot ca - sA \cdot sa + cB \cdot cb - sB \cdot sb \cdot sgn$$

$$Q=cA \cdot sa + sA \cdot ca + cB \cdot sb + sB \cdot cb \cdot sgn$$

算出的 N、Q,计算上述磁头的解调位置。

13. 权利要求 12 所述的磁盘装置,其特征在于,

若对于上述 A 相突发图形,上述 B 相突发图形的交叉磁道方向的相位差设为 $\triangle \theta_o$,则对于任意的角度 θ_{abt} ,上述系数 ca 、 sa 、 cb 、 sb 用

$$ca=\cos(\theta_{abt} + \triangle \theta_o/2), sa=\sin(\theta_{abt} + \triangle \theta_o/2)$$

$$cb=\cos(\theta_{abt} - \triangle \theta_o/2), sb=\sin(\theta_{abt} - \triangle \theta_o/2)$$

赋予。

14. 权利要求 12 所述的磁盘装置,其特征在于,

上述相位差 $\triangle \phi_a$ 、 $\triangle \phi_b$ 的绝对值满足 $0 < |\triangle \phi_a| = |\triangle \phi_b| \leq 90^\circ$ 的关系。

15. 权利要求 12 所述的磁盘装置,其特征在于,

在 $|N| > |Q|$ 的情况下设为 $r=|Q|/|N|$,在 $|N| \leq |Q|$ 的情况下设为 $r=|N|/|Q|$ 时,根据基于满足“ $\sum gi=1, i=1, 2, \dots$ ”的 2 个以上的系数 gi 的多项式“ $\sum (gi \times ri), i=1, 2, \dots$ ”,

算出上述磁头的位置误差信号。

16. 权利要求 12 所述的磁盘装置, 其特征在于,

具有交叉磁道方向 1 周期的磁化图形分割数 n 为 6 以上的伺服图形, 在 $|N| > |Q|$ 的情况下设为 $r=|Q|/|N|/\tan(\pi/n)$, 在 $|N| \leq |Q|$ 的情况下设为 $r=|N|/|Q|/\tan(\pi/n)$ 时, 根据基于满足 “ $\sum g_i=1, i=1, 2, \dots$ ” 的 2 个以上的系数 g_i 的多项式 “ $\sum (g_i \times r_i), i=1, 2, \dots$ ”, 算出上述磁头的位置误差信号。

17. 权利要求 16 所述的磁盘装置, 其特征在于,

将使上述磁头在交叉磁道方向偏移到多个位置时获得的振幅值或相对于上述各偏移的振幅值的变化率, 针对伺服图形周期进行 DFT 运算,

根据上述 DFT 运算获得的 $(n-1)$ 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率, 求出上述系数 g_i ,

根据上述 1 次分量和 $(n-1)$ 次分量的相对相位, 求出将上述 N 和上述 Q 的关系在相位平面上表达的 NvsQ Lissajous 的旋转补正角。

18. 权利要求 13 所述的磁盘装置, 其特征在于,

上述相位差 $\Delta \theta$ 是 90° 的整数倍。

19. 权利要求 13 所述的磁盘装置, 其特征在于,

上述相位差 $\Delta \theta$ 是 45° 。

20. 权利要求 19 所述的磁盘装置, 其特征在于,

将使上述磁头在交叉磁道方向偏移到多个位置时获得的振幅值或相对于上述各偏移的振幅值的变化率, 针对伺服图形周期进行 DFT 运算,

3 次分量的振幅相对于 7 次分量的振幅比既定值大的场合, 根据 3 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率, 求出基于满足 “ $\sum g_i=1, i=1, 2, \dots$ ” 的 2 个以上的系数 g_i 的多项式 “ $\sum (g_i \times r_i), i=1, 2, \dots$ ” 的系数 g_i , 其中, $|N| > |Q|$ 的情况下 $r=|Q|/|N|$, $|N| \leq |Q|$ 的情况下 $r=|N|/|Q|$, 且根据 1 次分量和 3 次分量的相对相位, 求出将上述 N 和上述 Q 的关系在相位平面上表达的 NvsQ Lissajous 的旋转补正角,

3 次分量的振幅相对于 7 次分量的振幅在既定值以下且交叉磁道方向 1 周期的磁化图形分割数 n 为 8 的场合, 根据 7 次分量的振幅对 1 次分量的振幅的比率, 求出基于满足 “ $\sum g_i=1, i=1, 2, \dots$ ” 的 2 个以上的系数 g_i 的多项式 “ $\sum (g_i \times r_i), i=1, 2, \dots$ ” 的系数 g_i , 其中, $|N| > |Q|$ 的情况下 $r=|Q|/|N|/\tan(\pi/n)$, $|N| \leq |Q|$ 情况下 $r=|N|/|Q|/\tan(\pi/n)$, 且根据 1 次分量和 7 次分量的相对相位, 求出上述旋转补正角。

头位置解调方法及磁盘装置

[0001] 相关申请

[0002] 本申请以美国临时专利申请 61/908,291 号（申请日：2013 年 11 月 25 日）为基础申请，享受优先权。本申请通过参照该基础申请，包含基础申请的全部内容。

技术领域

[0003] 本实施例一般涉及头位置解调方法及磁盘装置。

背景技术

[0004] 磁盘装置中，取得伺服数据内的扇区柱面编号以及表示磁道上的位置信息的突发数据，根据该信息进行磁头的定位。作为代表的突发图形，有无效型突发图形和相位图形。无效型突发图形可以由“ $ns=2, \Delta \phi = 180^\circ$ ”定义。相位图形一般地说可以由“ $ns=$ 任意， $\Delta \phi < 180^\circ$ ”定义，实用上，可以由“ $ns=1$ 或 $2, \Delta \phi \leq 90^\circ$ 下 360° 的整数分之一”定义。其中， ns 是相邻磁化变化 STW 传送数， $\Delta \phi$ 是相邻相位差。相位图形的解调主要采用 atan 解调，无效型突发图形中采用 atan 解调时线性度不充分，因此采用基于可改善线性度的多项式的解调等。

发明内容

[0005] 本发明的实施例提供解调线性度高的头位置解调方法及磁盘装置。

[0006] 根据一个实施例，以交叉磁道方向的相位成为互异的方式进行在下行磁道方向配置的 A 相突发图形及 B 相突发图形的解调时，根据上述 A 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量和上述 B 相突发图形的 sin 分量及 cos 分量，计算磁头的解调位置。

附图说明

[0007] 图 1 是第 1 实施例的磁盘装置的概略构成的方框图。

[0008] 图 2(a) 是图 1 的磁盘中的磁道配置的平面图，图 2(b) 是图 2(a) 的伺服区域的构成例的图。

[0009] 图 3(a) 是第 1 比较例的突发图形的极性配置的示图，图 3(b) 是第 2 比较例的突发图形的极性配置的示图，图 3(c) 是第 1 实施例的突发图形的极性配置的示图，图 3(d) 是第 2 实施例的突发图形的极性配置的示图，图 3(e) 是第 3 实施例的突发图形的极性配置的示图，图 3(f) 是第 4 实施例的突发图形的极性配置的示图，图 3(g) 是第 5 实施例的突发图形的极性配置的示图，图 3(h) 是第 6 实施例的突发图形的极性配置的示图。

[0010] 图 4(a1) ~ 图 4(a3) 分别是图 3(a) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图 4(b1) ~ 图 4(b3) 分别是图 3(b) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图 4(c1) ~ 图 4(c3) 分别是图 3(c) ~ 图 3(f) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图 4(d1) ~ 图 4(d3) 分别是图 3(g) 及图 3(h) 的突发图形中没有相位

错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0011] 图 5(a1) ~ 图 5(a3) 分别是在图 3(a) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 5(b1) ~ 图 5(b3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 5(c1) ~ 图 5(c3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0012] 图 6(a) ~ 图 6(c) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0013] 图 7(a1) ~ 图 7(a3) 分别是图 3(b) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 7(b1) ~ 图 7(b3) 分别是图 3(d) 及图 3(f) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 7(c1) ~ 图 7(c3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 7(d1) ~ 图 7(d3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0014] 图 8 是第 2 实施例的线性度补正时的李萨如分割方法的示图。

[0015] 图 9 是第 2 实施例的相位图形中的线性度补正方法的示图。

[0016] 图 10 是第 3 实施例的线性度补正时的李萨如分割方法的示图。

[0017] 图 11 是第 3 实施例的线性度补正方法的示图。

[0018] 图 12 是第 4 实施例的线性度补正时的李萨如分割方法的示图。

[0019] 图 13 是第 4 实施例的线性度补正方法的示图。

[0020] 图 14(a) 是采用第 5 实施例的 2 次多项式时的线性度补正系数的示图, 图 14(b) 是采用第 5 实施例的 3 次多项式时的线性度补正系数的示图。

[0021] 图 15 是第 6 实施例的解调误差的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数的 2 次近似系数的示图。

[0022] 图 16 是第 6 实施例的解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的 2 次近似系数的示图。

[0023] 图 17 是第 6 实施例的位置感度的绝对值的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数的 2 次近似系数的示图。

[0024] 图 18 是第 6 实施例的位置感度的绝对值的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的 2 次近似系数的示图。

[0025] 图 19 是第 7 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0026] 图 20 是第 8 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0027] 图 21 是第 9 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0028] 图 22 是第 10 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0029] 图 23(a) 是第 10 实施例的 1 次分量和 3 次分量的振幅比与线性度补正函数中的解调误差的关系的示图, 图 23(b) 是第 10 实施例的 1 次分量和 7 次分量的振幅比与线性度补正函数中的解调误差的关系的示图。

[0030] 图 24(a) 是第 10 实施例的 1 次分量和 3 次分量的振幅比与线性度补正函数中的位置感度的关系的示图, 图 24(b) 是第 10 实施例的 1 次分量和 7 次分量的振幅比与线性度

补正函数中的位置感度的关系的示图。

[0031] 图 25 是第 10 实施例的 1 次分量和 3 次分量的振幅比或 1 次分量和 7 次分量的振幅比与误差的比率的关系的示图。

[0032] 图 26(a1) ~ 图 26(a3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 26(b1) ~ 图 26(b3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 26(c1) ~ 图 26(c3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 26(d1) ~ 图 26(d3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0033] 图 27(a1) ~ 图 27(a3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 27(b1) ~ 图 27(b3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 27(c1) ~ 图 27(c3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 27(d1) ~ 图 27(d3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0034] 图 28(a1) ~ 图 28(a3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 28(b1) ~ 图 28(b3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 28(c1) ~ 图 28(c3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 28(d1) ~ 图 28(d3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0035] 图 29(a1) ~ 图 29(a3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 29(b1) ~ 图 29(b3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 29(c1) ~ 图 29(c3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 29(d1) ~ 图 29(d3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 3 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0036] 图 30(a) 是第 11 实施例的突发图形的极性配置的示图, 图 30(b1) ~ 图 30(b3) 分别是图 30(a) 的突发图形中没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 30(c1) ~ 图 30(c3) 分别是图 30(a) 的突发图形中有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0037] 图 31(a) 是第 12 实施例的突发图形的极性配置的示图, 图 31(b1) ~ 图 31(b3) 分别是图 31(a) 的突发图形中没有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图, 图 31(c1) ~ 图 31(c3) 分别是图 30(a) 的突发图形中有频率错开时用 2 次多项式进行了线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

具体实施方式

[0038] 以下参照附图, 详细说明实施例的头位置解调方法及磁盘装置。另外, 这些实施例不限定本发明。

[0039] (第 1 实施例)

[0040] 图 1 是第 1 实施例的磁盘装置的概略构成的方框图, 图 2(a) 是图 1 的磁盘中的磁道配置的平面图, 图 2(b) 是图 2(a) 的伺服区域的构成例的示图。

[0041] 图 1 中, 在磁盘装置设置磁盘 2, 磁盘 2 经由主轴马达 3 支撑。另外, 在磁盘装置设置头滑块 HM, 在头滑块 HM 设置写头 HW 及读头 HR 作为磁头。写头 HW 及读头 HR 与磁盘 2 相向配置。这里, 头滑块 HM 经由臂 A 在磁盘 2 上保持。臂 A 在搜寻时等情况下可以使头滑块 HM 在水平面内滑动。

[0042] 这里, 如图 2(a) 及图 2(b) 所示, 在磁盘 2 沿下行磁道方向 D2 设置磁道 T。在各磁道 T 设置写入用户数据的数据区域 DA 及写入伺服数据的伺服区域 SS。这里, 伺服区域 SS 放射状配置, 在下行磁道方向 D2 的伺服区域 SS 间配置数据区域 DA。如图 2(b) 所示, 在伺服区域 SS 写入前导码 20、伺服标记 21、扇区 / 柱面信息 (格雷码) 22 及突发图形 23。另外, 扇区 / 柱面信息 22 可以提供磁盘 2 的圆周方向及半径方向的伺服地址, 可以用于将读头 HR 移动到目标磁道为止的搜寻控制。突发图形 23 可以用于将读头 HR 定位到目标磁道的目标范围内的追踪控制。突发图形 23 也可以用于搜寻控制。另外, 这些伺服数据可以通过自助伺服写入在磁盘 2 记录, 也可以通过专用的伺服写入器在磁盘 2 记录。或者, 突发图形 23 可以通过磁转印、BPM(比特图形介质) 或 DTM(离散磁道介质) 等光刻、纳米压印等形成。

[0043] 这里, 突发图形 23 可以采用具有 A 相和 B 相的相位图形。A 相和 B 相可以以交叉磁道方向 D1 的相位互异的方式沿着下行磁道方向 D2 配置磁化图形。另外, 以下的说明中, 有将 A 相和 B 相称为突发域的情况 (也将 A 相称为突发域 A, 将 B 相称为突发域 B)。

[0044] 返回图 1, 在磁盘装置设置驱动臂 A 的音圈马达 4 的同时, 设置使磁盘 2 旋转的主轴马达 3。磁盘 2、头滑块 HM、臂 A、音圈马达 4 及主轴马达 3 在壳体 1 收容。

[0045] 另外, 在磁盘装置设置数据控制部 5, 在数据控制部 5 设置头控制部 6、功率控制部 7、读写沟道 8、MPU(处理器) 9 及 HDC10。这里, 数据控制部 5 可以根据由读头 HR 读取的突发图形 23, 计算读头 HR 的解调位置。此时, 数据控制部 5 在由读头 HR 读取的突发图形 23 的解调时, 可以根据 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量来计算读头 HR 的解调位置。这里, 无效型突发图形的解调中, 采用 A 相的 sin 分量或 cos 分量和 B 相的 sin 分量或 cos 分量的 2 个分量, 而相位图形的解调中, 采用 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量的 4 个分量。

[0046] 另外, 在头控制部 6 设置写电流控制部 6A 及再现信号检测部 6B。在功率控制部 7 设置主轴马达控制部 7A 及音圈马达控制部 7B。在读写沟道 8 设置 DFT(Discrete Fourier

Transform : 离散傅里叶变换) 解调部 8A。在 MPU 设置 NQ 变换部 9A、旋转角补正部 9B、速度补正部 9C、线性度补正部 9D、解调位置计算部 9E 及头位置控制部 9F。

[0047] 头控制部 6 可以放大或者检测记录重放时的信号。写电流控制部 6A 可以控制在写头 HW 流过的写电流。再现信号检测部 6B 可以检测由读头 HR 读出的信号。

[0048] 功率控制部 7 可以驱动音圈马达 4 及主轴马达 3。主轴马达控制部 7A 可以控制主轴马达 3 的旋转。音圈马达控制部 7B 可以控制音圈马达 4 的驱动。

[0049] 读写沟道 8 可以在头控制部 6、MPU9 及 HDC10 间进行数据的转发。另外,作为数据,可以列举读数据、写数据及伺服数据。例如,读写沟道 8 可以将由读头 HR 重放的信号变换为由主机 HS 处理的数据形式,或者将从主机 HS 输出的数据变换为由写头 HW 记录的信号形式。另外,读写沟道 8 可以进行由读头 HR 重放的信号的解码处理,或者对从主机 HS 输出的数据进行代码调制。DFT 解调部 8A 可以对突发图形 23 抽出对由读头 HR 读出的信号进行 DFT 运算时的基波分量。该基波分量可以设为突发图形 23 的 A 相中的 sin 分量及 cos 分量和 B 相中的 sin 分量及 cos 分量。

[0050] MPU9 可以进行包含位置信号解调的头定位控制。NQ 变换部 9A 根据突发图形 23 的重放时的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量,求出 2 相信号 N、Q。另外,以下的说明中,将在 XY 平面上表现 2 相信号 N、Q 的关系的曲线称为 NvsQ Lissajous。旋转角补正部 9B 以因磁盘 2 上的突发图形 23 的读取位置而变形为矩形状的 NvsQ Lissajous 的倾斜度减少的方式,使突发图形 23 的基波分量的 NvsQ Lissajous 仅仅以规定角度旋转。速度补正部 9C 以由读头 HR 读取的突发图形 23 的基波分量的 NvsQ Lissajous 的扁平率减少的方式,进行速度补偿。即,以因搜寻而变形为椭圆形状的 NvsQ Lissajous 接近圆形状的方式,补正突发图形 23 的基波分量的相位。线性度补正部 9D 为了提高相对于突发图形 23 的基波分量的变化的读头 HR 的位置的变化的线性度,补正从突发图形 23 的基波分量求出读头 HR 的位置的运算式。以下的说明中,将该补正称为线性度补正。解调位置计算部 9E 根据突发图形 23 的基波分量,计算读头 HR 的解调位置。头位置控制部 9F 根据读头 HR 的解调位置的计算结果,经由音圈马达控制部 7B,控制读头 HR 的位置。HDC10 可以在主机 HS、读写沟道 8 之间进行数据的转发。作为主机 HS,可以是向磁盘装置发行写指令、读指令等的计算机,也可以是外部接口。

[0051] 以下,说明图 1 的磁盘装置的动作。

[0052] 由主轴马达 3 使磁盘 2 旋转的同时,经由读头 HR 从磁盘 2 读出的信号由再现信号检测部 6B 检测。由再现信号检测部 6B 检测的信号由读写沟道 8 进行信号数据变换后,发送到处理器 9。该信号数据变换中,在 DFT 解调部 8A 中,对由读头 HR 读出的信号进行 DFT 运算,对突发图形 23 抽出突发图形 23 的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量。处理器 9 中,根据由再现信号检测部 6B 检测的突发图形 23 的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量,算出读头 HR 的解调位置。

[0053] 此时, NQ 变换部 9A 中,根据突发图形 23 的重放时的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量,算出 2 相信号 N、Q。

[0054] 而且,旋转角补正部 9B 中,为了消除变形为矩形状的 NvsQ Lissajous 的倾斜度,突发图形 23 的 N 相及 Q 相的 sin 分量的 NvsQ Lissajous 仅仅以规定角度旋转。此时,突发图形 23 的 A 相及 B 相中的复数李萨如的初始相位错开呈现在 NvsQ Lissajous,因此可以

进行复数李萨如的初始相位补正。该初始相位补正中,为了消除突发图形 23 的 A 相及 B 相中的复数李萨如的长轴的倾斜度,可以使复数李萨如仅仅以规定角度旋转。另外,速度补正部 9C 中,为了减少突发图形 23 的 N 相及 Q 相的 sin 分量的 NvsQ Lissajous 的扁平率,进行速度补偿。该速度补偿中,可以补正突发图形 23 的 N 相及 Q 相的 sin 分量的相位关系。而且,线性度补正部 9D 中,为了提高相对于突发图形 23 的基波分量的变化的读头 HR 的位置的变化的线性度,补正从突发图形 23 的基波分量求出读头 HR 的位置的运算式。解调位置计算部 9E 中,通过应用由线性度补正部 9D 补正的运算式,计算读头 HR 的解调位置。头位置控制部 9F 中,根据读头 HR 的解调位置的计算结果,控制读头 HR 的位置。

[0055] 这里,通过根据突发图形 23 的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量来算出 2 相信号 N、Q,即使在采用具有 A 相和 B 相的相位图形作为突发图形 23 的场合,也可以进行与无效型突发图形同等的线性度补正,可以提高解调线性度(相对于交叉磁道方向 D1 的偏移的解调位置的线形性)。

[0056] 另外,通过根据突发图形 23 的 A 相的 sin 分量及 cos 分量和 B 相的 sin 分量及 cos 分量来算出 2 相信号 N、Q,可以在旋转角补正时进行初始相位补正,由于不必个别测定初始相位补正和旋转角补正的参数,因此与采用无效型突发图形作为突发图形 23 的场合比,可以降低调节工序的负载。

[0057] 而且,通过采用具有 A 相和 B 相的相位图形作为突发图形 23,即使在由光刻、纳米压印等形成突发图形 23 的场合,与形成无效型突发图形的场合比,也可以提高形成精度。

[0058] 以下,用数式说明 2 相信号 N、Q 的算出方法。

[0059] 若将伺服磁道写(STW)中朝向交叉磁道方向 D1 的头传送位置设为 k(整数变数),下行磁道方向 D2 设为 t,则突发域 A、B 中的磁化图形可以表达为

$$[0060] A(k, t) = \cos(\omega t + \theta_a)$$

$$[0061] B(k, t) = \cos(\omega t + \theta_b)$$

[0062] 这里, $\theta_a(k) = \theta_{ao} + \phi(k)$, $\theta_b(k) = \pm(\theta_{bo} + \phi(k))$ 。

[0063] θ_b 的符号的正号表示突发域 A、B 的相位变化为同向(平行)的情况,负号表示突发域 A、B 的相位变化为反向的情况。

[0064] 若对于角频率 ω ,在任意的位置对读头 HR 的再现信号进行 DFT 运算,则获得突发域 A 的 cos 分量(cA)及 sin 分量(sA)和突发域 B 的 cos 分量(cB)及 sin 分量(sB)的 4 个信号。若突发域 A 的 cos 分量(cA)及 sin 分量(sA)用矢量 [cA; sA] 表示,突发域 B 的 cos 分量(cB)及 sin 分量(sB)用矢量 [cB; sB] 表示,则矢量 [cA; sA]、[cB; sB] 的方向根据读头 HR 的位置而变化。

[0065] 为反向相位变化的场合,用 2×2 的反相矩阵 $[1, 0; 0, -1]$ 进行反相操作后,对各个矢量乘以

$$[0066] [Ta] = [+ \cos(\theta t - \theta_{ao}), - \sin(\theta t - \theta_{ao}); + \sin(\theta t - \theta_{ao}), + \cos(\theta t - \theta_{ao})]$$

$$[0067] [Tb] = [+ \cos(\theta t - \theta_{bo}), - \sin(\theta t - \theta_{bo}); + \sin(\theta t - \theta_{bo}), + \cos(\theta t - \theta_{bo})]$$

[0068] 的 2×2 的旋转矩阵,使 2 个矢量的基准相位一致为 θt ,取得 2 个矢量的和。

[0069] 通过上述的操作,为同向相位变化图形的场合,获得式 $[Ta][cA; sA] + [Tb][cB; sB]$,为反向相位变化图形的场合,获得式 $[Ta][cA; sA] + [Tb][1, 0; 0, -1][cB; sB]$ 。

[0070] 其结果若设为 $[N; Q]$,则设

- [0071] $V_n = [+\cos(\theta_t - \theta_{ao}), -\sin(\theta_t - \theta_{ao}), +\cos(\theta_t - \theta_{bo}), -/+ \sin(\theta_t - \theta_{bo})]$
- [0072] $V_q = [+ \sin(\theta_t - \theta_{ao}), +\cos(\theta_t - \theta_{ao}), +\sin(\theta_t - \theta_{bo}), +/- \cos(\theta_t - \theta_{bo})]$
- [0073] 成为 $[N; Q] = [V_n; V_q][cA; sA; cB; sB]$ 。这在将突发域 A、B 的 cos 分量及 sin 分量变换为 2 相信号 N、Q 的操作中, 称为「NQ 变换」。
- [0074] 若设 $\Delta \theta_o = \theta_{bo} - \theta_{ao}$, $\theta_{ab} = (\theta_{ao} + \theta_{bo})/2$, $\theta_{abt} = \theta_t - \theta_{ab}$, 则由于
- [0075] $\theta_t - \theta_{ao} = \theta_t - (\theta_{ao} + \theta_{bo})/2 + (\theta_{bo} - \theta_{ao})/2 = \theta_t - \theta_{ab} + \Delta \theta_o/2 = \theta_{abt} + \Delta \theta_o/2$
- [0076] $\theta_t - \theta_{bo} = \theta_t - (\theta_{ao} + \theta_{bo})/2 - (\theta_{bo} - \theta_{ao})/2 = \theta_t - \theta_{ab} - \Delta \theta_o/2 = \theta_{abt} - \Delta \theta_o/2$
- [0077] , 因此,
- [0078] $V_n = [+\cos(\theta_t - \theta_{ao}), -\sin(\theta_t - \theta_{ao}), +\cos(\theta_t - \theta_{bo}), -/+ \sin(\theta_t - \theta_{bo})]$
- [0079] $= [+ \cos(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2), -\sin(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2), +\cos(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2), -/+ \sin(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2)]$
- [0080] $V_q = [+ \sin(\theta_t - \theta_{ao}), +\cos(\theta_t - \theta_{ao}), +\sin(\theta_t - \theta_{bo}), +/- \cos(\theta_t - \theta_{bo})]$
- [0081] $= [+ \sin(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2), +\cos(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2), +\sin(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2), +/- \cos(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2)]$
- [0082] 这里, 若
- [0083] $ca = \cos(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2)$, $sa = \sin(\theta_{abt} + \Delta \theta_o/2)$
- [0084] $cb = \cos(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2)$, $sb = \sin(\theta_{abt} - \Delta \theta_o/2)$
- [0085] , 则由于
- [0086] $V_n = [ca, -sa, +cb, -/+sb]$
- [0087] $V_q = [sa, +ca, +sb, +/-cb]$
- [0088] , 因此
- [0089] $N = (cA \cdot ca - sA \cdot sa + cB \cdot cb -/+ sB \cdot sb)$
- [0090] $Q = (cA \cdot sa + sA \cdot ca + cB \cdot sb +/- sB \cdot cb)$
- [0091] 其中, $-/+$ 是表示负正的记号, $+/-$ 是表示正负的记号。
- [0092] 另外, 伺服图形的性能主要可以由
- [0093] • 交叉磁道方向的磁化图形周期 (空间周期)
- [0094] • 解调线性度 (解调误差, 位置感度误差)
- [0095] • 解调 S/N
- [0096] • 对磁化图形、样本时钟等的误差 (精度) 的耐性 (非依存性)
- [0097] 等评价。
- [0098] 磁化图形周期相当于用解调的位置误差信号 (PES) 可确定位置的解调距离宽度。
- [0099] STW 传送间距 (swTP) 对额定的重放头感度宽度 (MRW) 的比 (swTP/MRW) 越小, 解调线性度越好。
- [0100] 解调 S/N 与突发域的全长 (波数) 的平方根大致成正比例, 与磁化图形周期 / MRW 大致成反比例。但是, 图形周期若狭窄到接近 MRW, 则突发域的再现信号 (readback signal) 的振幅变小, 解调 S/N 劣化。
- [0101] 这些存在

[0102] 磁化图形周期 = 相邻磁化变化距离 $\times 360^\circ$ / 相邻相位差 ($\Delta \phi$)

[0103] STW 传送间距 (swTP) = 相邻磁化变化距离 / 相邻磁化变化 STW 传送数 (ns)

[0104] 的关系。相邻磁化变化 STW 传送数 (ns) 与交叉磁道方向的相位不同的域组数一致。因此,若通过格雷码规格等将磁化图形周期设为同一进行比较,则 STW 传送间距与「 $\Delta \phi/ns$ 」成正比例。

[0105] 以下,对几个突发图形 23,表示实际的 V_N, V_Q 矢量。另外,由于 $k=0$ 的下行磁道磁化图形设为 sin 波,因此设 $\theta_{ao}=1/2\pi$ 。另外,为了方便,将「任意的基准相位 θ_t 」设为 $7/4\pi$ 。

[0106] 图 3(a) 是第 1 比较例的突发图形的极性配置的示图,图 3(b) 是第 2 比较例的突发图形的极性配置的示图,图 3(c) 是第 1 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 3(d) 是第 2 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 3(e) 是第 3 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 3(f) 是第 4 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 3(g) 是第 5 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 3(h) 是第 6 实施例的突发图形的极性配置的示图。

[0107] 图 3(a) 中,作为第 1 比较例的突发图形 23,表示了无效型突发图形。该无效型突发图形中,A 相和 B 相以在交叉磁道方向 D1 以 180 度 (=1cyl) 的间隔使极性 (N 极和 S 极) 交互反相的方式,配置磁化图形。而且, A 相和 B 相在它们的边界沿着交叉磁道方向 D1 配置为相位相互错开 90 度 (=0.5cyl)。

[0108] 该无效型突发图形中,若将突发域 A 的再现信号的 sin 分量设为 N、突发域 B 的再现信号的 sin 分量设为 Q,则可以用 2 相信号 N、Q 对位置误差信号 (PES) 解调。但是,对于磁化图形周期,无法使 STW 传送间距变狭,因此通过 atan(N/Q) 解调等无法获得充分的线性度。该无效型突发图形中,为了获得充分的解调线性度,作为线性度补正函数,可以采用 2 次多项式 $PES=g_1 \times r + g_2 \times r^2, g_1+g_2=1, r=|N/Q|$ 或 $|Q/N|$ 。作为 2 次多项式,也可以采用 $PES=g_1 \times N/(|N|+|Q|)+g_2 \times N|N|/(N^2+Q^2), g_1+g_2=1$ 。或者,作为线性度补正函数,也可以采用 3 次多项式 $PES=g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3, g_1+g_2+g_3=1, N>Q$ 时 $r=Q/N, N<Q$ 时 $r=N/Q$ 。其中, g_1, g_2, g_3 是线性度补正系数。

[0109] 图 3(b) 中,作为第 2 比较例的突发图形 23,表示了正交相位图形 (ns=1 或 2, $\Delta \phi=90^\circ$)。该正交相位图形中,解调方法若将突发域 A 的再现信号的 sin 分量设为 S1, cos 分量设为 C1, 则可以采用

$$[0110] A=\sqrt{0.25[(S1+S2)^2+(C1+C2)^2]}$$

$$[0111] B=\sqrt{0.25[(S1-S2)^2+(C1-C2)^2]}$$

$$[0112] PES=A-B \text{ 或者 } PES=\tan(A/B)$$

[0113] 的式。

[0114] 图 3(c) 中,作为突发图形 23,表示了突发域 A、B 在下行磁道方向 D2 同向地相位变化,AB 相位差为 90 度 ($\Delta \theta_o=1/2\pi$) 的相位图形。

[0115] 该相位图形中,若设 $\Phi=\pi/2 \cdot k, \theta_{ao}=1/2\pi, \theta_{bo}=2/2\pi$, 则

$$[0116] V_N=[+\cos(5/4\pi), -\sin(5/4\pi), +\cos(3/4\pi), -\sin(3/4\pi)]=[-1, +1, -1, -1]/\sqrt{2}$$

$$[0117] V_Q=[+\sin(5/4\pi), +\cos(5/4\pi), +\sin(3/4\pi), +\cos(3/4\pi)]=[-1, -1, +1, -1]/\sqrt{2}$$

[0118] 图 3(d) 中,作为突发图形 23,表示了突发域 A、B 同向地相位变化,AB 相位差为 180 度 ($\triangle \theta_o = \pi$) 的相位图形。

[0119] 该相位图形中,若设 $\Phi = \pi/2 \cdot k$, $\theta_{ao} = 1/2\pi$, $\theta_{bo} = 3/2\pi$, 则

[0120] $V_n = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(1/4\pi), -sin(1/4\pi)] = [-1, +1, +1, -1]/\sqrt{2}$

[0121] $V_q = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(1/4\pi), +cos(1/4\pi)] = [-1, -1, +1, +1]/\sqrt{2}$

[0122] 图 3(e) 中,作为突发图形 23,表示了突发域 A、B 在下行磁道方向 D2 反向地相位变化,AB 相位差为 ± 90 度 ($\triangle \theta_o = 1/2\pi$) 的相位图形。

[0123] 该相位图形中,若设 $\Phi = \pi/2 \cdot k$, $\theta_{ao} = 1/2\pi$, $\theta_{bo} = 2/2\pi$, 则

[0124] $V_n = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(3/4\pi), +sin(3/4\pi)] = [-1, +1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0125] $V_q = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(3/4\pi), -cos(3/4\pi)] = [-1, -1, +1, +1]/\sqrt{2}$

[0126] 图 3(f) 中,作为突发图形 23,表示了突发域 A、B 反向地相位变化,AB 相位差为 0 度 ($\triangle \theta_o = 0$) 的相位图形。

[0127] 该相位图形中,若设 $\Phi = \pi/2 \cdot k$, $\theta_{ao} = 1/2\pi$, $\theta_{bo} = 1/2\pi$, 则

[0128] $V_n = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(5/4\pi)] = [-1, +1, -1, -1]/\sqrt{2}$

[0129] $V_q = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(5/4\pi), -cos(5/4\pi)] = [-1, -1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0130] 以上的例是按 STW 传送使相位移动 90 度的情况, $ns=1$, $\triangle \Phi = 90^\circ$ 。

[0131] 一般的相位图形中,按 1STW 传送使相位移动 45 度,因此,往往伺服写时的相位移动分辨率成为必要,突发域变长。因此,以下的第 5 实施例及第 6 实施例中,为了延长磁化图形周期,按 2STW 传送使相位移动 90 度 ($ns=2$, $\triangle \Phi = 90^\circ$)。交叉磁道方向 D1 的周期成为 8stw 传送。

[0132] 图 3(g) 中,作为突发图形 23,表示了突发域 A、B 同向地相位变化,AB 相位差为 45 度 ($\triangle \theta_o = 1/4\pi$) 的相位图形。

[0133] 该相位图形中,由于是按 2STW 传送的相位变化的,因此 $\theta_a = 1/2\pi \cdot (int(k/2)+1)$, $\theta_b = 1/2\pi \cdot (int((k+1)/2)+1)$, 但是无法用 NQ 变换式实现 int()。因而,置换为 **int(k/2)⇒k/2, int((k+1)/2)⇒k/2**。该场合,

[0134] (5-1) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao} = 1/2\pi$, $\theta_{bo} = 1/2\pi$, $\triangle \theta_o = 0$

[0135] $V_n = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi)] = [-1, +1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0136] $V_q = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi)] = [-1, -1, -1, -1]/\sqrt{2}$

[0137] 另一方面,若置换为 **int(k/2)⇒k/2, int((k+1)/2)⇒k/2+1**, 则

[0138] (5-2) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao} = 1/2\pi$, $\theta_{bo} = 2/2\pi$, $\triangle \theta_o = 1/2\pi$

[0139] $V_n = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(3/4\pi), -sin(3/4\pi)] = [-1,$

$+1, -1, -1]/\sqrt{2}$

[0140] $Vq = [+\sin(5/4\pi), +\cos(5/4\pi), +\sin(3/4\pi), +\cos(3/4\pi)] = [-1, -1, +1, -1]/\sqrt{2}$

[0141] (5-1)、(5-2) 中, 由于 $\Delta \theta_o$ 不等于 $1/4\pi$, 因此若使 $\Delta \theta_o=1/4\pi$, 并置换为
int(k/2) $\Rightarrow k/2+1/4$, int((k+1)/2) $\Rightarrow k/2+3/4$, 则

[0142] (5) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao}=5/8\pi$, $\theta_{bo}=7/8\pi$, $\Delta \theta_o=1/4\pi$

[0143] $Vn = [+cos(9/8\pi), -sin(9/8\pi), +cos(7/8\pi), -sin(7/8\pi)]$

[0144] $=[-0.9238795, +0.3826834, -0.9238795, -0.3826834]$

[0145] $Vq = [+sin(9/8\pi), +cos(9/8\pi), +sin(7/8\pi), +cos(7/8\pi)]$

[0146] $=[-0.3826834, -0.9238795, +0.3826834, -0.9238795]$

[0147] 图 3(h) 中, 作为突发图形 23, 表示了突发域 A、B 反向地相位变化, AB 相位差为 45 度 ($\Delta \theta_o=1/4\pi$) 的相位图形。

[0148] 因为 $\theta_a=1/2\pi \cdot (int(k/2)+1)$, $\theta_b=-1/2\pi \cdot (int((k+1)/2)+1)$, 因此与第 5 实施例同样, 若置换为
int(k/2) $\Rightarrow k/2$, int((k+1)/2) $\Rightarrow k/2$, 则

[0149] (6-1) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao}=1/2\pi$, $\theta_{bo}=1/2\pi$, $\Delta \theta_o=0$

[0150] $Vn = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(5/4\pi)] = [-1, +1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0151] $Vq = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(5/4\pi), -cos(5/4\pi)] = [-1, -1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0152] 若置换为
int(k/2) $\Rightarrow k/2$, int((k+1)/2) $\Rightarrow k/2+1$, 则

[0153] (6-2) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao}=1/2\pi$, $\theta_{bo}=2/2\pi$, $\Delta \theta_o=1/2\pi$

[0154] $Vn = [+cos(5/4\pi), -sin(5/4\pi), +cos(3/4\pi), +sin(3/4\pi)] = [-1, +1, -1, +1]/\sqrt{2}$

[0155] $Vq = [+sin(5/4\pi), +cos(5/4\pi), +sin(3/4\pi), -cos(3/4\pi)] = [-1, -1, +1, +1]/\sqrt{2}$

[0156] 若置换为
int(k/2) $\Rightarrow k/2+1/4$, int((k+1)/2) $\Rightarrow k/2+3/4$, 则

[0157] (6) $\Phi = \pi/4 \cdot k$, $\theta_{ao}=5/8\pi$, $\theta_{bo}=7/8\pi$, $\Delta \theta_o=1/4\pi$

[0158] $Vn = [+cos(9/8\pi), -sin(9/8\pi), +cos(7/8\pi), +sin(7/8\pi)]$

[0159] $=[-0.9238795, +0.3826834, -0.9238795, +0.3826834]$

[0160] $Vq = [+sin(9/8\pi), +cos(9/8\pi), +sin(7/8\pi), -cos(7/8\pi)]$

[0161] $=[-0.3826834, -0.9238795, +0.3826834, +0.9238795]$

[0162] 无效解调中, 通过调节工序测定的初始相位设为 θ_a 、 θ_b 时, 在初始相位补正中采用初始相位 θ_a 、 θ_b 。因而, 无效解调中, 必须通过调节工序, 与初始相位补正的参数独立地测定旋转补正的参数。相对地, NQ 变换中, $[Vn; Vq] = [\sin \theta_a, \cos \theta_a, 0, 0; 0, 0, \sin \theta_b, \cos \theta_b]$ 相当, 初始相位错开 NvsQ Lissajous 的旋转现。因而, 第 1 实施例~第 6 实施例中, 初始相位错开可用旋转补正进行补正, 不必求出初始相位补正的参数。

[0163] 另外, 第 1 比较例中, 第 1 实施例~第 6 实施例中, 若都预先进行矩阵 $[Vn; Vq]$ 和旋转补正矩阵的乘法, 则装置运行中的解调时的补正运算量相同。

[0164] 另外,图3(b)的正交相位图形中,求出 $\text{stwTP} = \text{MRW}/2$,而图3(g)及图3(h)的突发图形中, $\text{stwTP} = \text{MRW}$ 即可,因此 STW 时间成为比较例 2 的正交相位图形的约一半。

[0165] 另外,图3(a)的无效型突发图形及图3(c)~图3(h)的突发图形都是 $\text{stwTP} = \text{MRW}$ 即可,因此 STW 时间相同。而且,对于图3(a)的无效型突发图形及图3(c)~图3(f)的突发图形,图3(g)及图3(h)的突发图形中,磁化图形周期的距离成为 2 倍,因此,解调 S/N 相对地劣化,但是可以扩展解调距离宽度。

[0166] 图4(a1)~图4(a3)分别是图3(a)的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图4(b1)~图4(b3)分别是图3(b)的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图4(c1)~图4(c3)分别是图3(c)~图3(f)的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图4(d1)~图4(d3)分别是图3(g)及图3(h)的突发图形中没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0167] 图5(a1)~图5(a3)分别是在图3(a)的突发图形的B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图5(b1)~图5(b3)分别是在图3(g)的突发图形的B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图5(c1)~图5(c3)分别是在图3(h)的突发图形的B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。另外,突发图形的B相的相位错开设为 0.1π 。

[0168] 图6(a)~图6(c)分别是在图3(h)的突发图形的A相及B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。另外,突发图形的A相及B相的相位错开设为 0.1π 。

[0169] 图7(a1)~图7(a3)分别是图3(b)的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图7(b1)~图7(b3)分别是图3(d)及图3(f)的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图7(c1)~图7(c3)分别是图3(g)的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图7(d1)~图7(d3)分别是图3(h)的突发图形中没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。另外,突发图形的频率错开设为 1.5% 。

[0170] 另外,图3(a)的突发图形中,在A相及B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(a1)~图4(a3)相等。

[0171] 另外,图3(b)的突发图形中,在B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(b1)~图4(b3)相等。

[0172] 另外,图3(c)的突发图形中,在B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(c1)~图4(c3)相等。

[0173] 另外,图3(d)的突发图形中,在A相及B相没有相位错开及频率错开时和在B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(c1)~图4(c3)相等。

[0174] 另外,图3(e)的突发图形中,在A相及B相没有相位错开及频率错开时和在B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(c1)~图4(c3)相等。

[0175] 另外,图3(f)的突发图形中,在A相及B相没有相位错开及频率错开时和在B相有相位错开且没有频率错开时和在A相及B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(c1)~图4(c3)相等,在A相及B相没有相位错开且有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图7(b1)~图7(b3)相等。

[0176] 另外,图3(g)的突发图形中,在A相及B相有相位错开且没有频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差分别与图4(d1)~图4(d3)相等。

[0177] 另外,图3(h)的突发图形中,在A相及B相没有相位错开及频率错开时的解调位置、解调误差及感度误差与图4(d1)~图4(d3)相等。

[0178] 这里,图3(a)的无效型突发图形中,对于单突发的相位错开,解调线性度劣化,需要初始相位补正。另外,图3(b)的正交相位图形中,解调线性度不良。另一方面,图3(c)~图3(f)的突发图形在额定条件可获得与图3(a)的无效型突发图形N同样的线性度。另外,图3(c)~图3(f)的突发图形的初始相位错开由于相位差而作为NvsQ Lissajous旋转呈现,可以通过旋转角补正进行补正。

[0179] 对于两突发的相位错开,图3(a)的无效型突发图形及图3(e)及图3(f)的突发图形中,可以取消相位错开,不发生NvsQ Lissajous旋转。另一方面,图3(c)及图3(d)的突发图形中,无法取消相位错开,因此虽然发生NvsQ Lissajous旋转,但是可以通过旋转角补正进行补正。

[0180] 对于频率错开,图3(a)的无效型突发图形不受影响。另一方面,图3(c)的突发图形中,虽然NvsQ Lissajous旋转,但是通过进行旋转角补正,可以使线性度不劣化。图3(d)~图3(f)的突发图形中,线性度稍微劣化。

[0181] 另外,旋转角补正采用由调节工序或者定时校准获得的参数,因此,仅仅对于恒定的错开有效,无法应对过渡的相位变动及频率变动。

[0182] 如以上说明,对于恒定的相位错开,图3(c)~图3(f)的突发图形有效果。另一方面,对于频率错开,图3(e)及图3(f)的突发图形的效果差。

[0183] 过渡的相位变动中,突发域A、B的相位变动不同时,虽然在包含图3(a)的无效型突发图形的全部图形的解调中有影响,但是突发域A、B的相位变动相同时,图3(a)的无效型突发图形和图3(e)及图3(f)的突发图形具有耐性。

[0184] 接着,图3(g)及图3(h)的突发图形相对于图3(c)~图3(f)的突发图形,调误差、位置感度变动都成为约2倍。位置感度变动不依赖于磁化图形周期,因此,即使约2倍也可以说是在容许范围,但是,解调误差的单位是交叉磁道方向磁化图形周期,因此若用stwTP MRW单位比较,则解调误差成为4倍。

[0185] 图3(a)的无效型突发图形和图3(c)~图3(f)的突发图形中,NvsQ Lissajous为圆形~近似正方形,因此,通过应用上述2次多项式或3次多项式的线性度补正函数,可以获得良好解调线性度。图3(g)及图3(h)的突发图形中,NvsQ Lissajous可能不是近似正方形而是近似正八角形。这样的NvsQ Lissajous中,认为与交叉磁道方向D1的DFT结果

的 3 次分量相比, 7 次分量成为主导。

[0186] (第 2 实施例)

[0187] 以下, 说明交叉磁道方向 D1 的 DFT 结果的 3 次分量以外的分量显著的 NvsQ Lissajous 的解调方法。

[0188] 相对于磁化图形 1 周期的 STW 传送数设为 n 时, n=4 的图 3(a) 的无效型突发图形和图 3(c) ~ 图 3(f) 的突发图形中, n-1 即 3 次分量显著呈现, 适于采用了 1 周期的 $1/(2n)=1/8$ 即把 NvsQ Lissajous8 份分割的范围中的多项式近似的线性度补正。

[0189] 图 8 是第 2 实施例的线性度补正时的李萨如分割方法的示图。

[0190] 图 8 中, 为 $2n=8(n=4)$ 时, NvsQ Lissajous 成为近似正方形。该场合, 在采用了多项式近似的线性度补正时, 以 NvsQ Lissajous 成为线对称的方式将 NvsQ Lissajous8 份分割。

[0191] 图 9 是第 2 实施例的相位图形中的线性度补正方法的示图。

[0192] 图 9 中, 判断 N 是否为 0(S1), N 为 0 的场合 (S1 的否), 设为 $x=1/4(S2)$ 。另外, 以下的说明中, 将位置误差信号 (PES) 记为 x。接着, 判断 Q 是否比 0 小 (S10), Q 比 0 小的场合 (S10 的是), 设为 $x=1-x(S11)$ 。Q 为 0 以上的场合 (S10 的否), 跳过 S11。

[0193] 另一方面, N 不是 0 的场合 (S1 的是), 判断 N 的绝对值是否比 Q 的绝对值大 (S3), N 的绝对值比 Q 的绝对值大的场合 (S3 的是), 设 $r=|Q|/|N|$, $x=(g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3)/2n(S4, S5)$ 。接着, 判断 N 是否比 0 小 (S8), N 比 0 小的场合 (S8 的是), 设为 $x=1/2-x(S9)$, 进入 S10。N 为 0 以上的场合 (S8 的否), 跳过 S9, 进入 S10。

[0194] 另一方面, N 的绝对值为 Q 的绝对值以上的场合 (S3 的否), 设 $r=|N|/|Q|$, $x=1/n-(g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3)/2n(S6, S7)$, 进入 S8。

[0195] (第 3 实施例)

[0196] 图 10 是第 3 实施例的线性度补正时的李萨如分割方法的示图。

[0197] 图 10 中, 为 $2n=12(n=6)$ 的场合, NvsQ Lissajous 成为近似六角形。该场合, 在采用了多项式近似的线性度补正时, 以 NvsQ Lissajous 成为线对称的方式将 NvsQ Lissajous12 份分割。

[0198] 图 11 是第 3 实施例的线性度补正方法的示图。

[0199] 图 11 中, 判断 N 是否为 0(S21), N 为 0 的场合 (S21 的否), 设为 $x=1/4(S22)$ 。接着, 判断 Q 是否比 0 小 (S33), Q 比 0 小的场合 (S33 的是), 设为 $x=1-x(S34)$ 。Q 为 0 以上的场合 (S33 的否), 跳过 S34。

[0200] 另一方面, N 不是 0 的场合 (S21 的是), 设为 $r=|Q|/|N|/\tan(\pi/n)(S23)$ 。接着, 判断 r 是否比 3 大 (S24), r 为 3 以下的场合 (S24 的否), 判断 r 是否比 1 大 (S25)。r 比 1 大的场合 (S25 的是), 设 $r=(3-r)/(1+r)$, $x=1/n-(g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3)/2n(S26, S27)$ 。接着, 判断 N 是否比 0 小 (S31), N 比 0 小的场合 (S31 的是), 设为 $x=1/2-x(S32)$, 进入 S33。N 为 0 以上的场合 (S31 的否), 跳过 S32, 进入 S33。

[0201] 另一方面, r 为 1 以下的场合 (S25 的否), 设 $x=(g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3)/2n$ 和 (S28), 进入 S31。

[0202] 另一方面, r 比 3 大的场合 (S24 的是), 设为 $r=(r-3)/(1+r)$, $x=1/n+(g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3)/2n$ 和 (S29, S30), 进入 S31。

[0203] (第 4 实施例)

[0204] $n=8$ 的图 3(g) 及图 3(g) 的突发图形中, 虽然呈现 $n-1=7$ 次, 但是由于 $ns=2$, 因此也呈现 $n/ns-1=3$ 次分量。

[0205] 在 $n=8$, $n-1=7$ 次成为主导的场合, 适于采用了 1 周期的 $1/(2n)=1/16$ 即把 NvsQ Lissajous 16 份分割的范围中的多项式近似的线性度补正。

[0206] 另外, 分割数 $2n$ 的补正函数适用于 $n-1$ 次的相对振幅, 但是也可以适用于 $2n-1$ 次的相对振幅。即, 也可以将 8 份分割补正函数适用于 7 次。

[0207] 图 12 是第 4 实施例的线性度补正时的李萨如 (リサージュ) 分割方法的示图。

[0208] 图 12 中, 为 $2n=16$ ($n=8$) 的场合, NvsQ Lissajous 成为近似八角形。该场合, 在采用多项式近似的线性度补正时, 以 NvsQ Lissajous 成为线对称的方式将 NvsQ Lissajous 16 份分割。

[0209] 图 13 是第 4 实施例的线性度补正方法的示图。

[0210] 图 13 中, 判断 N 是否为 0 (S41), N 为 0 的场合 (S41 的否), 设为 $x=1/4$ (S42)。接着, 判断 Q 是否比 0 小 (S52), Q 比 0 小的场合 (S52 的是), 设为 $x=1-x$ (S53)。 Q 为 0 以上的场合 (S52 的否), 跳过 S53。

[0211] 另一方面, N 不是 0 的场合 (S41 的是), 判断 N 的绝对值是否比 Q 的绝对值大 (S43), N 的绝对值比 Q 的绝对值大的场合 (S43 的是), 设为 $r=|Q|/|N|$, $j=0, k=1$ 和 (S44)。另一方面, N 的绝对值为 Q 的绝对值以下的场合 (S43 的否), 设为 $r=|N|/|Q|$, $j=4, k=1$ (S45)。

[0212] 接着, 判断 r 是否比 $\tan(\pi/n)$ 大 (S46), r 比 $\tan(\pi/n)$ 大的场合 (S46 的是), 设为 $r=(1-r)/(1+r)$, $j=2, k=-k$ (S47)。另一方面, r 为 $\tan(\pi/n)$ 以下的场合 (S46 的否), 跳过 S47。

[0213] 接着, 设为 $r=r/\tan(\pi/n)$, $x=(j+k \times (g_1 \times r + g_2 \times r^2 + g_3 \times r^3))/2n$ (S48, S49)。接着, 判断 N 是否比 0 小 (S50), N 比 0 小的场合 (S50 的是), 设为 $x=1/2-x$ (S51), 进入 S52。 N 为 0 以上的场合 (S50 的否), 跳过 S51, 进入 S52。

[0214] (第 5 实施例)

[0215] 将分割数 $2n$ 的补正函数适用于 m 次时的补正多项式的线性度补正系数因 $2N, m$ 而异。

[0216] 以下, 说明相对于 $(2n, m)$ 的组合的 2 次多项式和 3 次多项式各自的线性度补正系数 g_1, g_2, g_3 和线性度补正系数 g_1, g_2, g_3 的 $0 \sim 1/m^2$ 的范围的 2 次近似系数。

[0217] 图 14(a) 是采用第 5 实施例的 2 次多项式时的最佳线性度补正系数的示图, 图 14(b) 是采用第 5 实施例的 3 次多项式时的最佳线性度补正系数的示图。另外, 图 14(a) 及图 14(b) 的例中, 表示了 $(2n, m)=(8, 3)$ 的情况。另外, 图 14(a) 及图 14(b) 的例中, 表示了解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数, 但是, 也可以采用解调误差的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数, 也可以采用位置感度的绝对值的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数, 也可以采用位置感度的绝对值的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。

[0218] 另外, $(2n, m)=(12, 5)$ 的线性度补正系数适用于 AB 相位差为 60° 的相位图形, 无法适用于正交相位图形。另外, $(2n, m)=(8, 7)$ 中, 2 次多项式的线性度补正系数相对于 7 次的相对振幅几乎为一定值, 成为与 atan 解调大致相同的特性, 因此, 不能太期待解调误差

降低的效果。因而, $(2n, m) = (8, 7)$ 中, 作为线性度补正函数, 优选适用 3 次多项式。

[0219] (第 6 实施例)

[0220] 如图 14(a) 及图 14(b) 所示, 线性度补正系数按照 a_3/a_1 而变化。另外, a_3 是 3 次的振幅, a_1 是 1 次的振幅。因而, 若存储与 a_3/a_1 相应的线性度补正系数, 则存储容量变得巨大。因而, 为了降低存储容量, 也可以将线性度补正系数用 2 次近似式近似, 保持 2 次近似式系数。

[0221] 图 15 是第 6 实施例的解调误差的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数的 2 次近似式系数的示图, 图 16 是第 6 实施例的解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的 2 次近似式系数的示图, 图 17 是第 6 实施例的位置感度的绝对值的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数的 2 次近似式系数的示图, 图 18 是第 6 实施例的位置感度的绝对值的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的 2 次近似式系数的示图。

[0222] 图 15 ~ 图 18 中, 为 $(2n, m) = (12, 5)、(16, 7)$ 或 $(8, 7)$ 的场合, 通过采用 2 次近似式系数 $C_{20}、C_{21}、C_{22}$, 由 a_m/a_1 的函数表达线性度补正系数 $g_2、g_3$, 不必与 a_m/a_1 相应地存储线性度补正系数, 可以降低存储容量。

[0223] (第 7 实施例)

[0224] 图 19 是第 7 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。另外, 该图 19 的方法适用于相位图形的相位解调。

[0225] 图 19 中, 对于磁化图形 1 周期, 使磁头 HM 在交叉磁道方向等间隔偏移, 测定重放振幅 (S61)。接着, 对使磁头 HM 偏移时获得的振幅值或相对于各偏移的振幅值的变化率, 对伺服图形周期进行 DFT 运算, 求出 1 次和 3 次的振幅 (a_1, a_3) 和相位 (ψ_1, ψ_3) (S62)。接着, 根据振幅比 a_3/a_1 , 用近似曲线求出线性度补正系数 (S63)。接着, 设 NvsQ Lissajous 的旋转补正角 $= (\psi_3 - 3 \times \psi_1 - \pi) / 4$ (S64)。

[0226] (第 8 实施例)

[0227] 图 20 是第 8 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0228] 图 20 中, 对于磁化图形 1 周期, 使读头 HR 在交叉磁道方向等间隔偏移, 测定重放振幅 (S71)。接着, 对使读头 HR 偏移时获得的振幅值或相对于各偏移的振幅值的变化率, 对伺服图形周期进行 DFT 运算, 求出 1 次和 5 次的振幅 (a_1, a_5) 和相位 (ψ_1, ψ_5) (S72)。接着, 根据振幅比 a_5/a_1 , 用近似曲线求出线性度补正系数 (S73)。接着, 设 NvsQ Lissajous 的旋转补正角 $= (\psi_5 - 5 \times \psi_1 - \pi) / 6$ (S74)。

[0229] (第 9 实施例)

[0230] 图 21 是第 9 实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0231] 图 21 中, 对于磁化图形 1 周期, 使读头 HR 在交叉磁道方向等间隔偏移, 测定重放振幅 (S81)。接着, 对使读头 HR 偏移时获得的振幅值或相对于各偏移的振幅值的变化率, 对伺服图形周期进行 DFT 运算, 求出 1 次和 7 次的振幅 (a_1, a_7) 和相位 (ψ_1, ψ_7) (S82)。接着, 根据振幅比 a_7/a_1 , 用近似曲线求出线性度补正系数 (S83)。接着, 设 NvsQ Lissajous 的旋转补正角 $= (\psi_7 - 7 \times \psi_1 - \pi) / 8$ (S84)。

[0232] (第 10 实施例)

[0233] 图 3(g) 及图 3(h) 的突发图形中, 虽然 $n=8$, 但是有 7 次分量显著且呈现近似正八

角形李萨如的情况和3次分量显著且呈现近似正方形李萨如的情况。该场合，优选根据3次分量 a_3 和7次分量 a_7 的大小关系，或者选择 $(2n, m)=(8, 3)$ 的线性度补正，或者选择 $(2n, m)=(16, 7)$ 或 $(8, 7)$ 的线性度补正。

[0234] 图22是第10实施例的线性度补正系数及旋转补正角的算出方法的示图。

[0235] 图22中，对于磁化图形1周期，使读头HR在交叉磁道方向等间隔偏移，测定重放振幅(S91)。接着，对使读头HR偏移时获得的振幅值或相对于各偏移的振幅值的变化率，对伺服图形周期进行DFT运算，求出1次和3次和7次的振幅(a_1, a_3, a_7)和相位(ψ_1, ψ_3, ψ_7)(S92)。判断振幅比 a_3/a_7 是否为既定值 α 以上(S93)，振幅比 a_3/a_7 为既定值 α 以上的场合(S93的是)，根据振幅比 a_3/a_1 ，用近似曲线求出线性度补正系数(S94)。接着，设NvsQ Lissajous的旋转补正角 $= (\psi_3 - 3 \times \psi_1 - \pi) / 4$ (S95)。另一方面，振幅比 a_3/a_7 不是既定值 α 以上的场合(S93的否)，根据振幅比 a_7/a_1 ，用近似曲线求出线性度补正系数(S96)。接着，设NvsQ Lissajous的旋转补正角 $= (\psi_7 - 7 \times \psi_1 - \pi) / 8$ (S97)。

[0236] 接着，说明决定既定值 α 的目的。以下，说明对于1次、3次、7次组成的2相信号N、Q，由 $(2n, m)=(8, 3)$ 和 $(16, 7)$ 解调时的解调误差及位置感度变动。

[0237] 图23(a)是第10实施例的1次分量和3次分量的振幅比与线性度补正函数中的解调误差的关系的示图，图23(b)是第10实施例的1次分量和7次分量的振幅比与线性度补正函数中的解调误差的关系的示图，图24(a)是第10实施例的1次分量和3次分量的振幅比与线性度补正函数中的位置感度的关系的示图，图24(b)是第10实施例的1次分量和7次分量的振幅比与线性度补正函数中的位置感度的关系的示图。

[0238] 另外，图23(a)及图24(a)是将 a_7/a_1 设为固定值(=0.01)时相对于 a_3/a_1 的误差的变化，图23(b)及图24(b)是将 a_3/a_1 设为固定值(=0.01)时相对于 a_7/a_1 的误差的变化。

[0239] 图25是第10实施例的1次分量和3次分量的振幅比或1次分量和7次分量的振幅比与误差的比率的关系的示图。

[0240] 图25中，改变 a_m/a_1 时的 $(2n, m)$ 的解调误差大致一定，因此，该比率是将“改变 a_7/a_1 时的 $(2n, m)=(8, 3)$ ”除以“改变 a_3/a_1 时的 $(2n, m)=(12, 7)$ ”的值。在 a_3/a_1 或者 a_7/a_1 小的范围，原本误差也小，因此，若在 a_3/a_1 为0.01以上的范围内观察，则在解调误差中，比大致为1，在位置感度变动中，比为约1.95的值。位置感度相当于解调位置的微分，因此，认为相对于3次、7次的影响更高。在解调误差小到某程度的场合，认为位置感度变动对装置性能的影响，因此优选设定 $\alpha=1.95$ 。

[0241] 以下，表示了对于图3(g)及图3(h)的突发图形，应用 $2n=8$ 和 $2n=16$ 的线性度补正函数时的解调结果。

[0242] 图26(a1)～图26(a3)分别是图3(g)的突发图形中没有相位错开及频率错开时用2次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图26(b1)～图26(b3)分别是在图3(g)的突发图形的B相有相位错开且没有频率错开时用2次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图26(c1)～图26(c3)是在图3(g)的突发图形的A相及B相有相位错开且没有频率错开时用2次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图，图26(d1)～图26(d3)分别是图3(g)的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用2次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0243] 另外,图 26(a1) ~ 图 26(a3)、图 26(b1) ~ 图 26(b3)、图 26(c1) ~ 图 26(c3) 及图 26(d1) ~ 图 26(d3) 应用 $(2n, m)=(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 或 $(8, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。

[0244] 图 27(a1) ~ 图 27(a3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 27(b1) ~ 图 27(b3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 27(c1) ~ 图 27(c3) 分别是在图 3(g) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 27(d1) ~ 图 27(d3) 分别是图 3(g) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0245] 另外,图 27(a1) ~ 图 27(a3)、图 27(b1) ~ 图 27(b3)、图 27(c1) ~ 图 27(c3) 及图 27(d1) ~ 图 27(d3) 应用 $(2n, m)=(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 或 $(8, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。

[0246] 图 28(a1) ~ 图 28(a3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 28(b1) ~ 图 28(b3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 28(c1) ~ 图 28(c3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 28(d1) ~ 图 28(d3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0247] 另外,图 28(a1) ~ 图 28(a3) 及图 28(b1) ~ 图 28(b3) 应用 $(2n, m)=(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 或 $(8, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。另外,图 28(c1) ~ 图 28(c3) 及图 28(d1) ~ 图 28(d3) 应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 7)$ 或 $(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。

[0248] 图 29(a1) ~ 图 29(a3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开及频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 29(b1) ~ 图 29(b3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 29(c1) ~ 图 29(c3) 分别是在图 3(h) 的突发图形的 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 29(d1) ~ 图 29(d3) 分别是图 3(h) 的突发图形中没有相位错开且有频率错开时用 3 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。

[0249] 另外,图 29(a1) ~ 图 29(a3) 及图 29(b1) ~ 图 29(b3) 应用 $(2n, m)=(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 或 $(8, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。另外,图 29(c1) ~ 图 29(c3) 及图 29(d1) ~ 图 29(d3) 应用 $(2n, m)=(8, 3)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数。该场合,与应用 $(2n, m)=(8, 7)$ 或 $(16, 7)$ 且解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数的场合比,可以获得良好线性度。

[0250] 另外,对于 $(2n, m)=(8, 7)$,在解调误差的 1 周期的 2 次均方根成为最小的线性度补正系数中,呈现位置感度接近零 ($-\infty$ dB) 的处所。因而,也可以采用位置感度的绝对值的 1 周期的最大值成为最小的线性度补正系数。该场合,虽然解调误差稍大,但是可以抑制位置感度变动的宽度。

[0251] 另外,图 3(g) 所示的第 5 实施例的突发图形中,即使在 B 相有相位错开且没有频率错开时, $a_3/a_7=1.85<1.95$,因此,通过全部的条件,选择 $(2n, m)=(16, 7)$ 。

[0252] 另一方面,图 3(h) 所示的第 6 实施例的突发图形中,在没有相位错开及频率错开时和在 B 相有相位错开且没有频率错开时,优选选择 $(2n, m)=(12, 7)$,在 A 相及 B 相有相位错开且没有频率错开时和没有相位错开且有频率错开时,优选选择 $(2n, m)=(8, 3)$ 。该场合,必须准备 $2n=8$ 和 $2n=16$ 的 2 个解调次序,因此,7 次分量大的场合,与 $(2n, m)=(16, 7)$ 比,解调误差变大,但是选择 $(2n, m)=(8, 7)$ 也有效。另外, $(2n, m)=(8, 7)$ 中,由于 2 次多项式的解调误差大,因此优选应用 3 次多项式。另外,也考虑用 3 次分量和 7 次分量的振幅来取得线性度补正系数的加权平均的方法。

[0253] 如以上说明,图 3(c) ~ 图 3(h) 的突发图形中,说明了应用 2 次多项式 $PES=g_1 \times r+g_2 \times r^2$, $g_1+g_2=1$ 或 3 次多项式 $PES=g_1 \times r+g_2 \times r^2+g_3 \times r^3$ 的情况,但是也可以应用 $PES=g_1 \times N/(|N|+|Q|)+g_2 \times N|N|/(N^2+Q^2)$ 。

[0254] 另外,图 3(c) 及图 3(d) 的突发图形的同向的相位变化相同,因此,即使将相同图形的 2 突发域结合为一个突发域,也可以获得与图 3(c) 及图 3(d) 的突发图形大致相同的解调精度。若为一个突发域,则可以消除突发域间的间隙,因此可以改善格式效率。

[0255] (第 11 实施例)

[0256] 图 30(a) 是第 11 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 30(b1) ~ 图 30(b3) 分别是图 30(a) 的突发图形中没有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 30(c1) ~ 图 30(c3) 分别是图 30(a) 的突发图形中有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。另外,突发图形的频率错开设为 1.5%。另外,图 30(a) 的突发图形中, $n=6$, $\Delta \phi=60^\circ$ 。

[0257] 如图 30(b1) ~ 图 30(b3) 及图 30(c1) ~ 图 30(c3) 所示,对于图 30(a) 的突发图形,应用基于 $(2n, m)=(12, 5)$ 的 2 次多项式的解调与 atan 解调比,可获得良好的解调结果。

[0258] (第 12 实施例)

[0259] 图 31(a) 是第 12 实施例的突发图形的极性配置的示图,图 31(b1) ~ 图 31(b3) 分别是图 31(a) 的突发图形中没有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图,图 31(c1) ~ 图 31(c3) 分别是图 30(a) 的突发图形中有频率错开时用 2 次多项式进行线性度补正时的解调位置、解调误差及感度误差的示图。另外,突

发图形的频率错开设为 1.5%。另外,图 31(a) 的突发图形中, $n=8$, $\Delta \phi = 45^\circ$ 。

[0260] 如图 31(b1) ~ 图 31(b3) 及图 31(c1) ~ 图 31(c3) 所示,对于图 31(a) 的突发图形,应用基于 $(2n, m)=(16, 7)$ 的 2 次多项式的解调与 atan 解调比,可获得良好解调结果。

[0261] 对于图 30(a) 及图 31(a) 的突发图形,通过用 2 次多项式进行线性度补正,可以提高解调线性度。因而,可以扩展 STW 传送间距,可缩短 STW 时间,因此可以提高生产性。

[0262] 虽然说明了本发明的几个实施例,但是这些实施例只是例示,而不是限定发明的范围。这些新实施例可以各种形态实施,在不脱离发明的要旨的范围,可以进行各种省略、置换、变更。这些实施例及其变形是发明的范围和要旨所包含的,也是权利要求的范围记载的发明及其均等的范围所包含的。

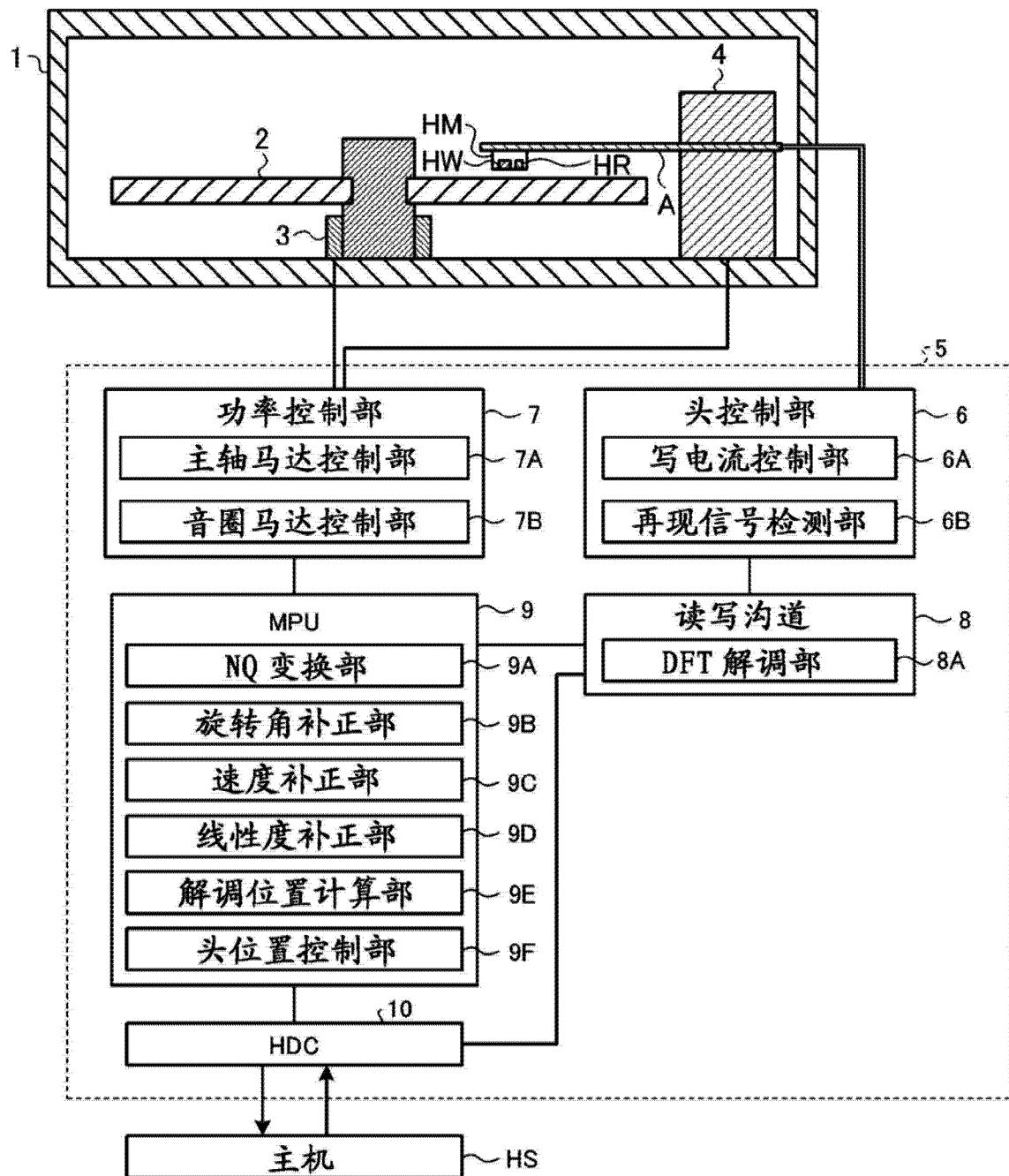


图 1

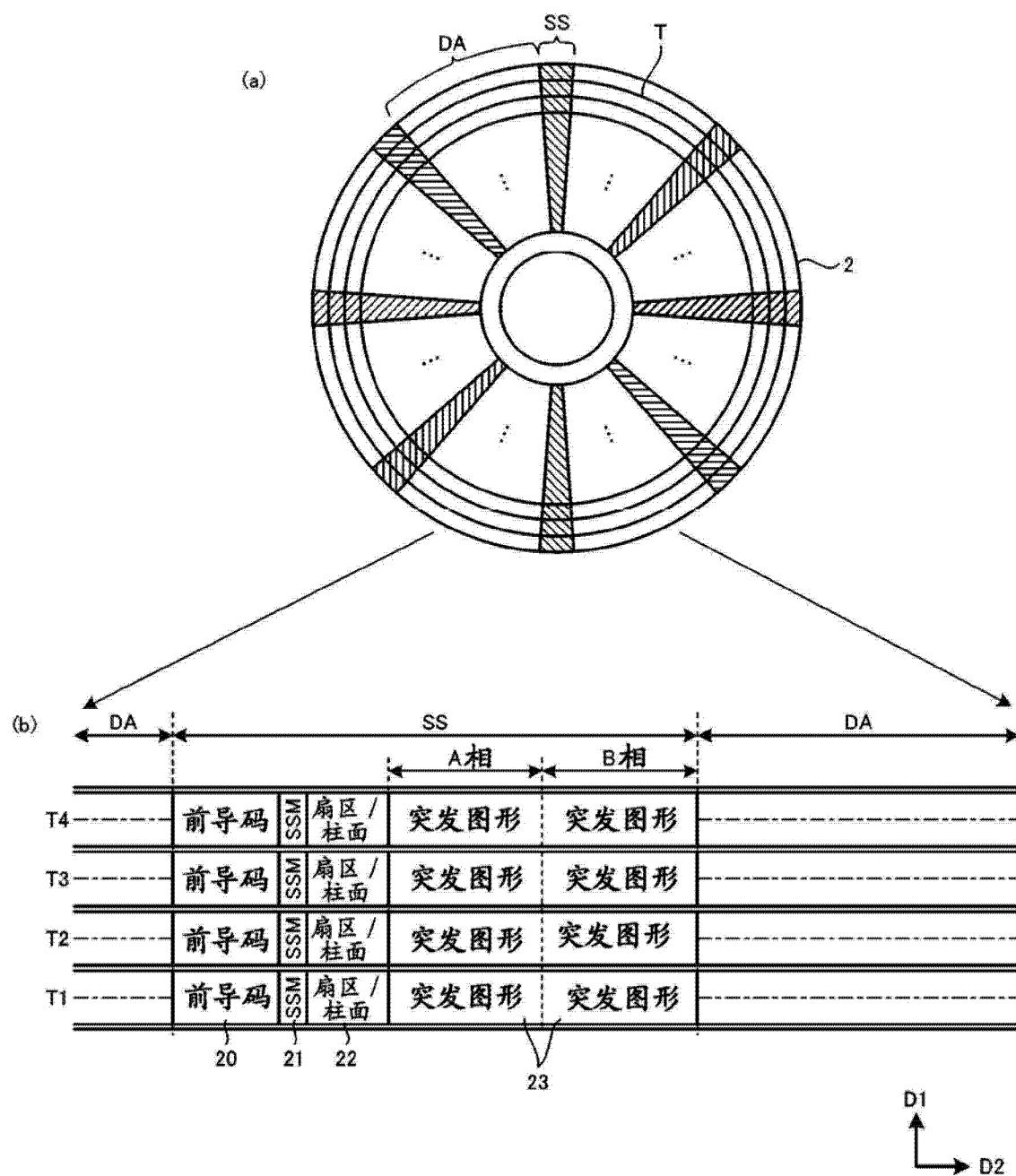


图 2

	k	A	B		k	A	B		
(a)	0	NNSSNNSS	SSNNSSNN		(b)	0	NNSSNNSS	SSNNSSNN	
	1	NNSSNNSS	NNSSNNSS			1	SNNSSNNS	SNNSSNNS	
	2	SSNNSSNN	NNSSNNSS			2	SSNNSSNN	NNSSNNSS	
	3	SSNNSSNN	SSNNSSNN			3	NSSNNSSN	NSSNNSSN	
(c)	k	A	B		(d)	k	A	B	
	0	NNSSNNSS	SNNSSNNS			0	NNSSNNSS	SSNNSSNN	
	1	SNNSSNNS	SSNNSSNN			1	SNNSSNNS	NSSNNSSN	
	2	SSNNSSNN	NSSNNSSN			2	SSNNSSNN	NNSSNNSS	
	3	NSSNNSSN	NNSSNNSS			3	NSSNNSSN	SNNSSNNS	
(e)	k	A	B		(f)	k	A	B	
	0	NNSSNNSS	SNNSSNNS			0	NNSSNNSS	SSNNSSNN	
	1	SNNSSNNS	NNSSNNSS			1	SNNSSNNS	SNNSSNNS	
	2	SSNNSSNN	NSSNNSSN			2	SSNNSSNN	NNSSNNSS	
	3	NSSNNSSN	SSNNSSNN			3	NSSNNSSN	NSSNNSSN	
(g)	k	A	B		(h)	k	A	B	
	0	NNSSNNSS	NNSSNNSS			0	NNSSNNSS	SSNNSSNN	
	1	NNSSNNSS	SNNSSNNS			1	NNSSNNSS	SNNSSNNS	
	2	SNNSSNNS	SNNSSNNS			2	SNNSSNNS	SNNSSNNS	
	3	SNNSSNNS	SSNNSSNN			3	SNNSSNNS	NNSSNNSS	
	4	SSNNSSNN	SSNNSSNN			4	SSNNSSNN	NNSSNNSS	
	5	SSNNSSNN	NSSNNSSN			5	SSNNSSNN	NSSNNSSN	
	6	NSSNNSSN	NSSNNSSN			6	NSSNNSSN	NSSNNSSN	
	7	NSSNNSSN	NNSSNNSS			7	NSSNNSSN	SSNNSSNN	

图 3

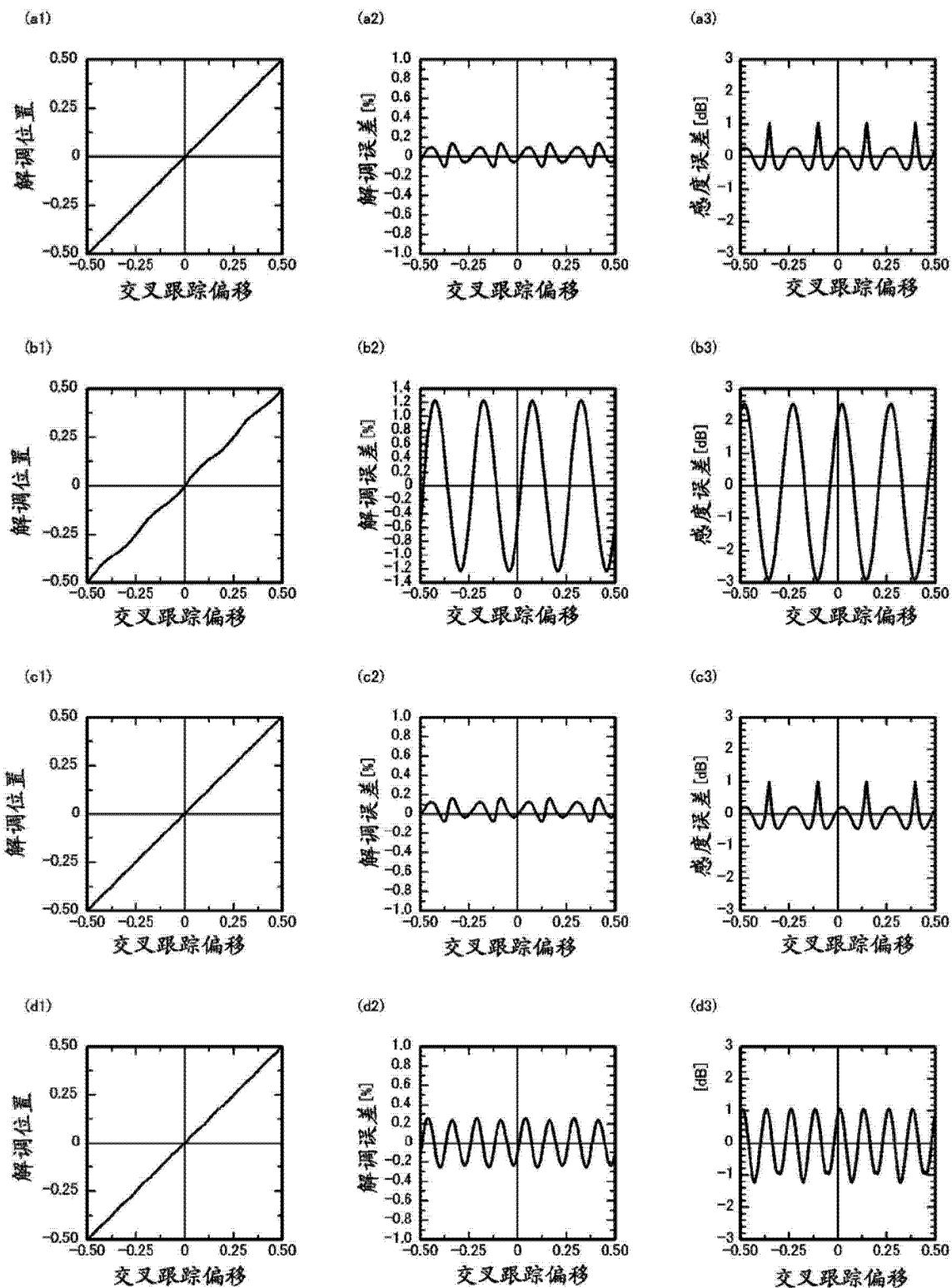


图 4

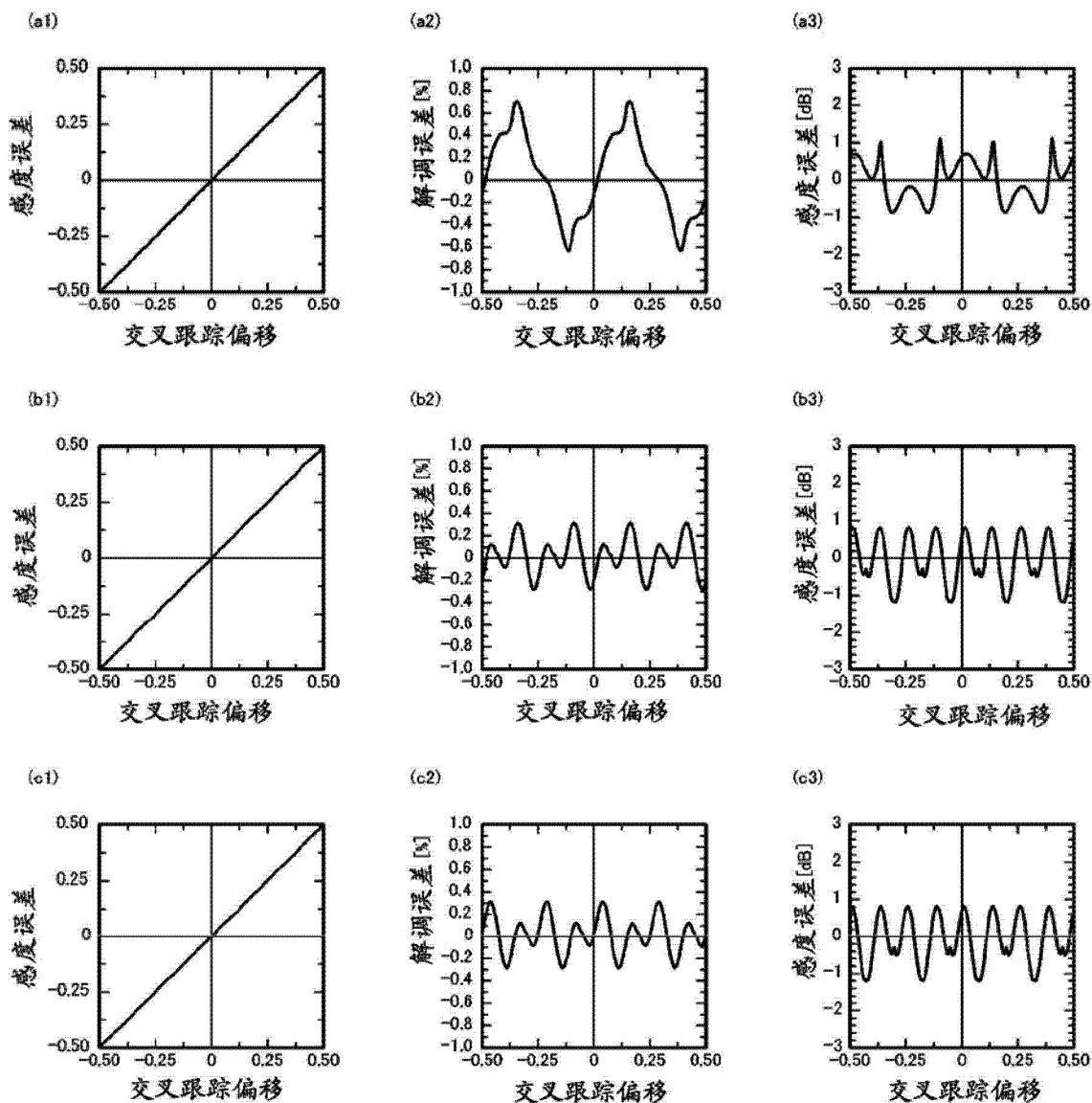


图 5

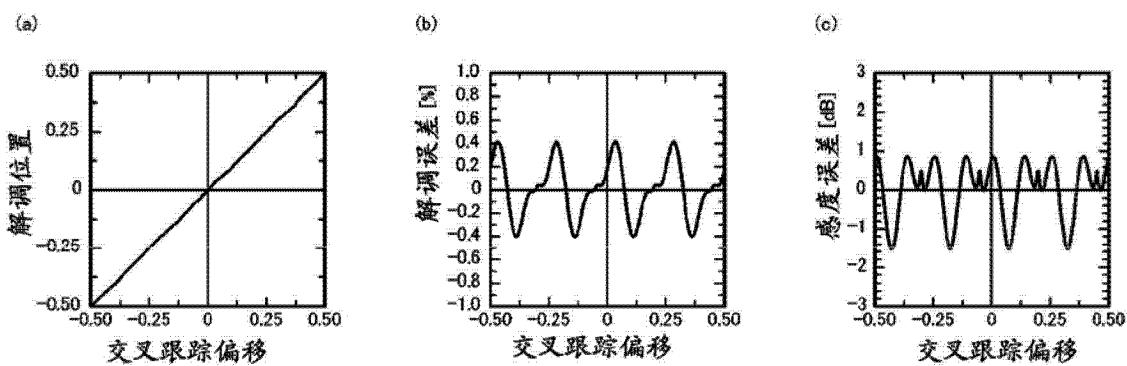


图 6

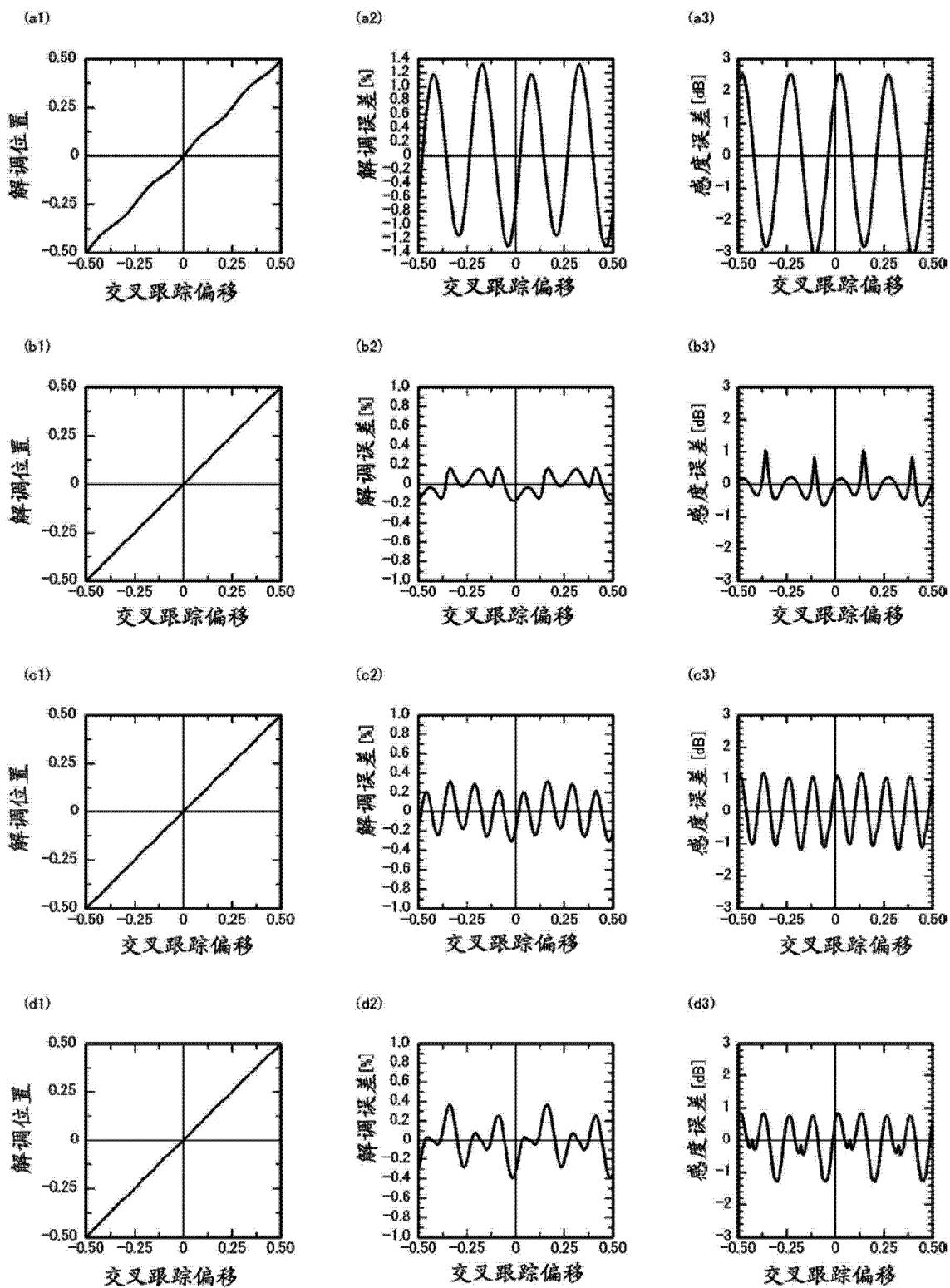


图 7

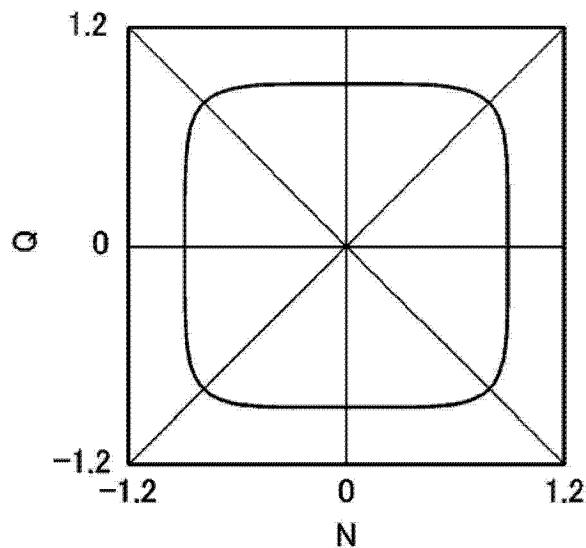


图 8

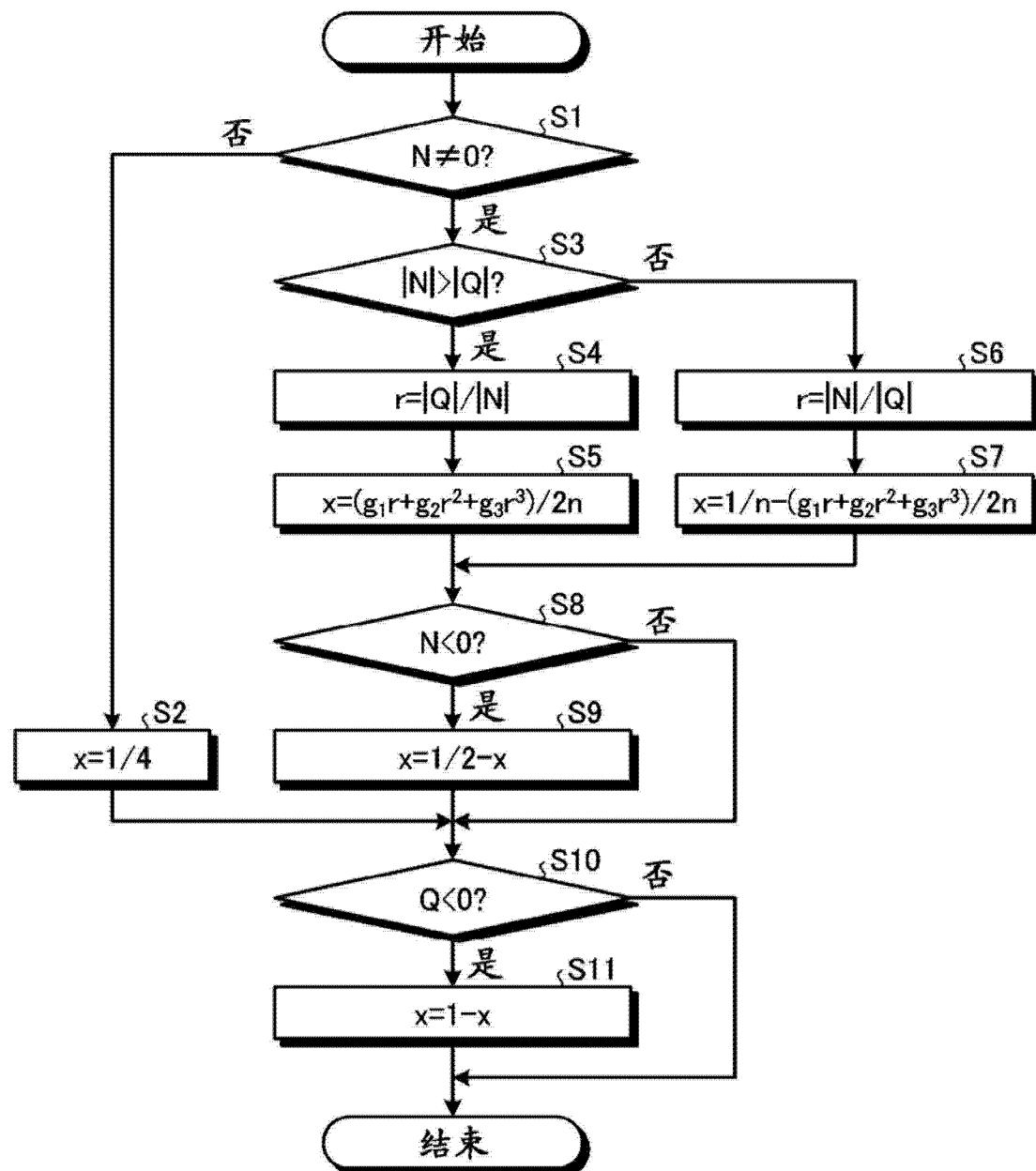


图 9

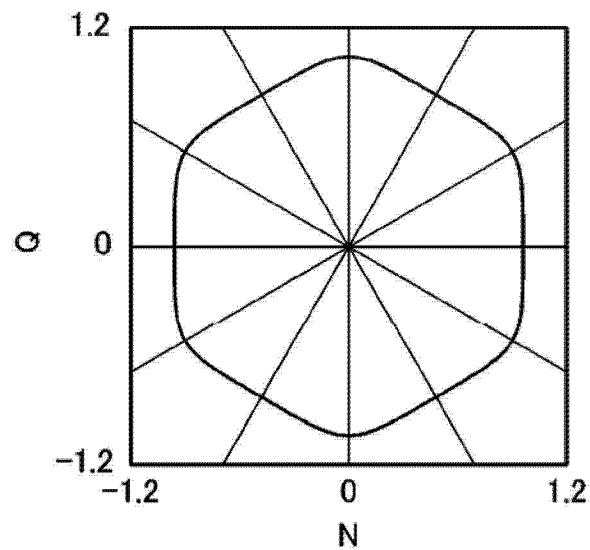


图 10

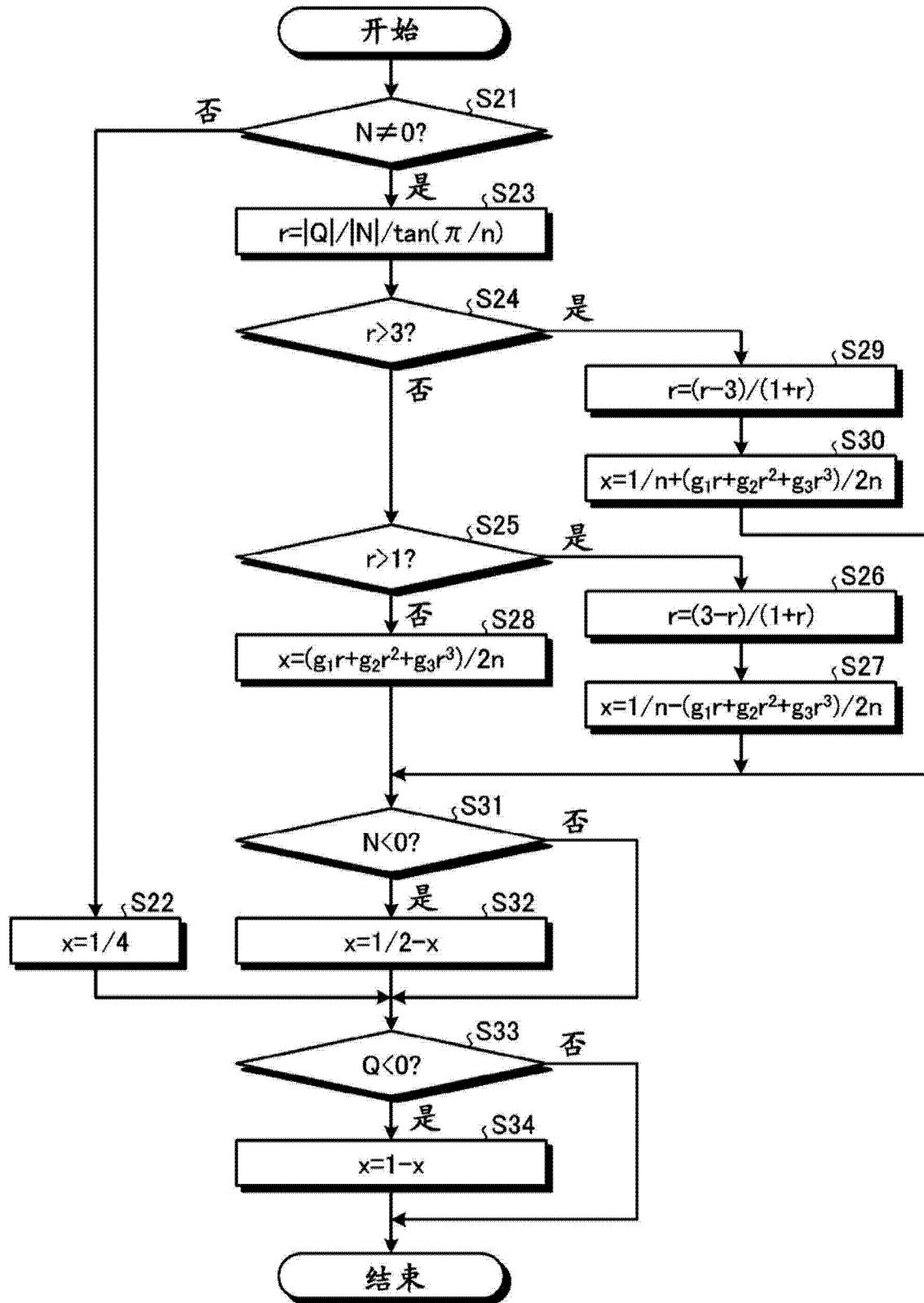


图 11

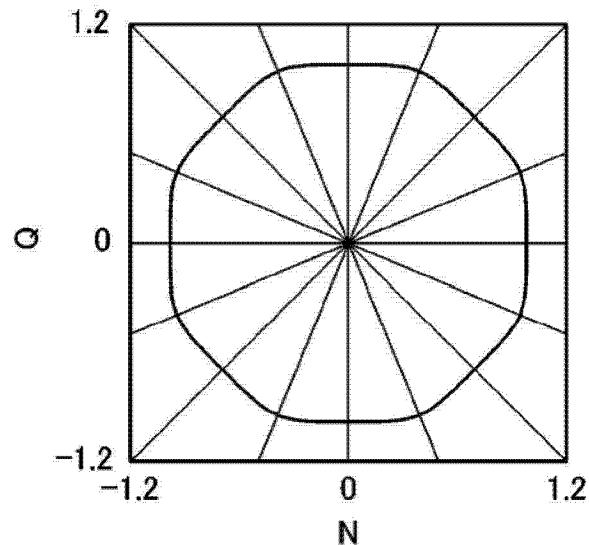


图 12

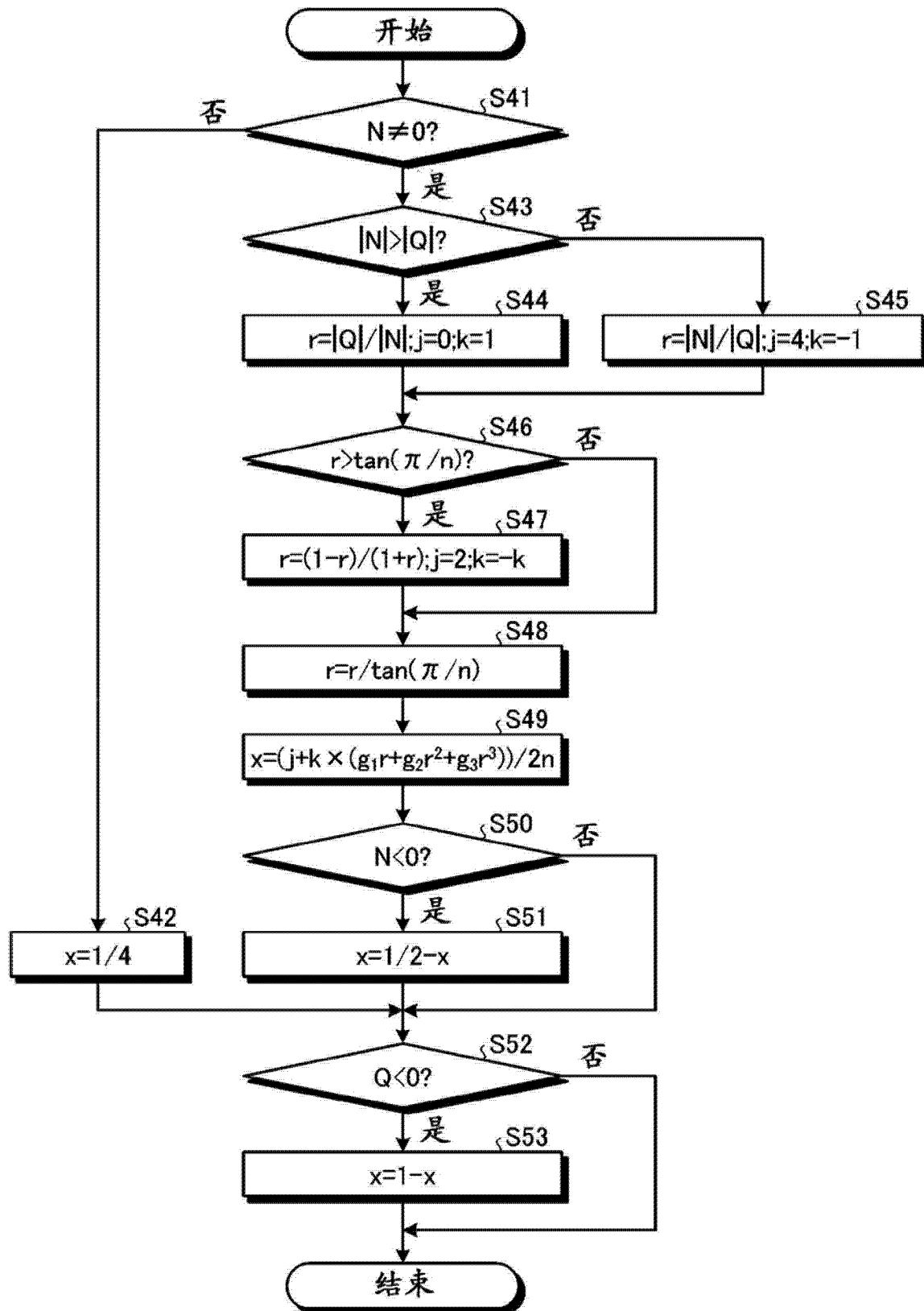
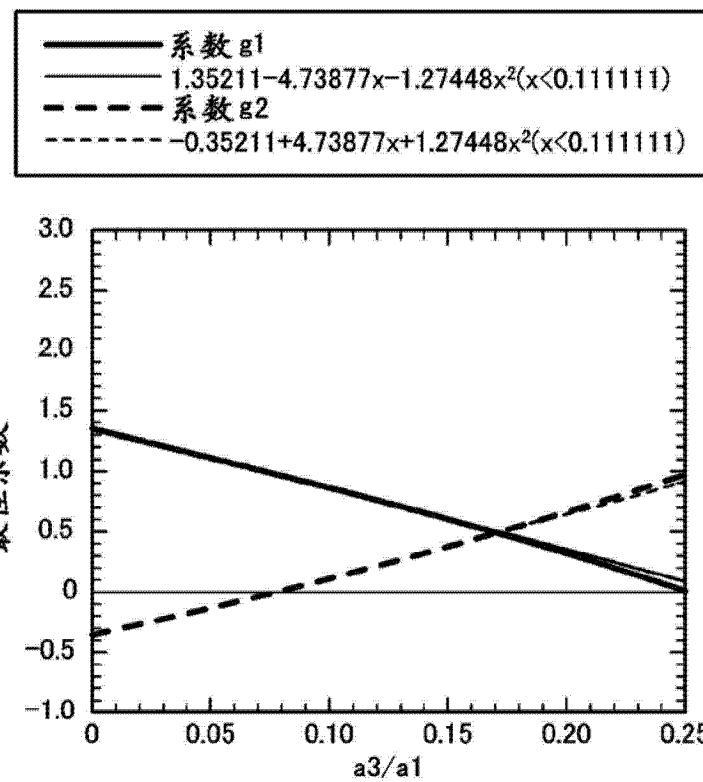


图 13

(a)



(b)

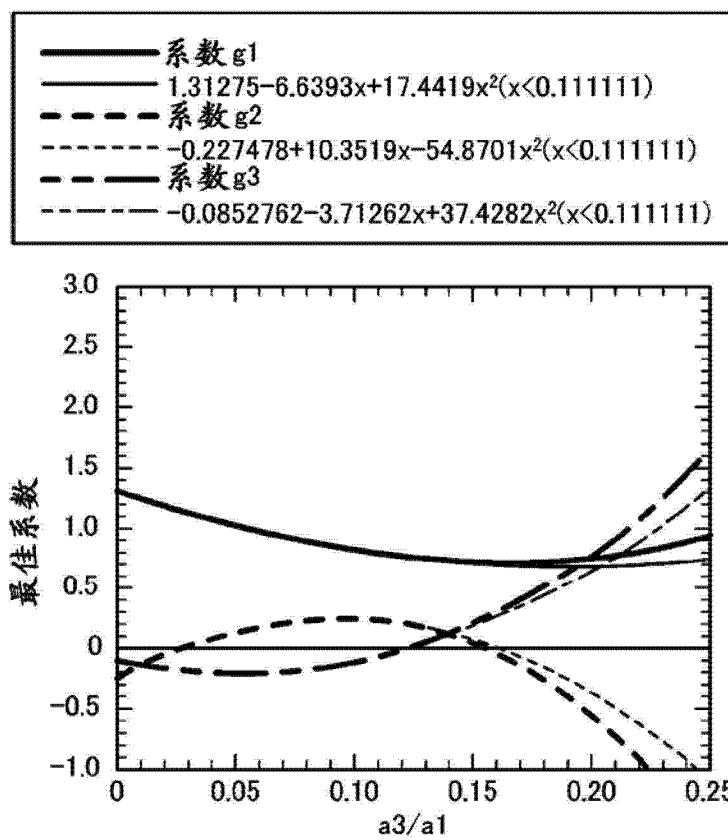


图 14

2n		m		2 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2, g_1+g_2=1$			3 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2+g_3r^3, g_1+g_2+g_3=1$					
				$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_3=c_{30}+c_{31}(a_m/a_1)+c_{32}(a_m/a_1)^2$		
				c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{30}	c_{31}	c_{32}
8	3	-0.345387	4.38634	2.9488	-0.22965	9.9915	-49.162	-0.0828873	-3.5030	33.693		
12	5	-0.143176	6.76358	9.9369	-0.03902	10.4733	-121.799	-0.0709040	-2.1325	82.000		
16	7	-0.078878	9.15129	23.2884	-0.01172	12.0847	-227.391	-0.0452919	-1.5581	152.373		
8	7	-0.347863	-0.12625	2.7118	-0.22836	30.4344	1.460	-0.0835944	-21.1689	-4.367		

图 15

2n		m		2 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2, g_1+g_2=1$			3 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2+g_3r^3, g_1+g_2+g_3=1$					
				$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_3=c_{30}+c_{31}(a_m/a_1)+c_{32}(a_m/a_1)^2$		
				c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{30}	c_{31}	c_{32}
8	3	-0.352110	4.73877	1.27448	-0.227478	10.3519	-54.8701	-0.0852762	-3.71262	37.4282		
12	5	-0.144747	7.26532	1.74536	-0.038505	10.7630	-137.9950	-0.0714492	-2.28514	92.5325		
16	7	-0.079445	9.76223	2.17402	-0.011569	12.3264	-258.4390	-0.0454605	-1.67060	172.5740		
8	7	-0.352829	-0.61974	2.79512	-0.225162	36.1418	3.7509	-0.0866460	-24.96540	-5.5772		

图 16

2n		m		2 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2, g_1+g_2=1$			3 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2+g_3r^3, g_1+g_2+g_3=1$					
				$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_3=c_{30}+c_{31}(a_m/a_1)+c_{32}(a_m/a_1)^2$		
				c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{30}	c_{31}	c_{32}
8	3	-0.330193	3.3659	6.9219	-0.229856	9.3823	-44.239	-0.074328	-3.3767	30.569		
12	5	-0.241913	9.0844	50.7508	-0.065979	16.6121	-180.509	-0.120532	-3.3800	123.885		
16	7	-0.186090	17.1279	193.7270	-0.027588	26.7015	-464.957	-0.108246	-3.3446	318.300		
8	7	-0.333379	0.0230	-1.3818	-0.226532	16.6047	239.429	-0.076556	-12.0766	-114.596		

图 17

2n		m		2 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2, g_1+g_2=1$			3 次多项式补正 $x=g_1r+g_2r^2+g_3r^3, g_1+g_2+g_3=1$					
				$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_2=c_{20}+c_{21}(a_m/a_1)+c_{22}(a_m/a_1)^2$			$g_3=c_{30}+c_{31}(a_m/a_1)+c_{32}(a_m/a_1)^2$		
				c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{20}	c_{21}	c_{22}	c_{30}	c_{31}	c_{32}
8	3	-0.381193	5.9628	-6.3997	-0.250951	12.0437	-74.567	-0.072306	-4.78471	50.906		
12	5	-0.261127	15.1099	-49.2612	-0.067910	20.2811	-320.227	-0.124167	-4.83824	215.328		
16	7	-0.194359	26.8841	-136.1560	-0.027506	31.5382	-837.389	-0.110746	-4.73216	556.317		
8	7	-0.367418	-5.1046	23.4968	-0.258958	48.8180	-667.769	-0.068586	-32.05870	445.927		

图 18

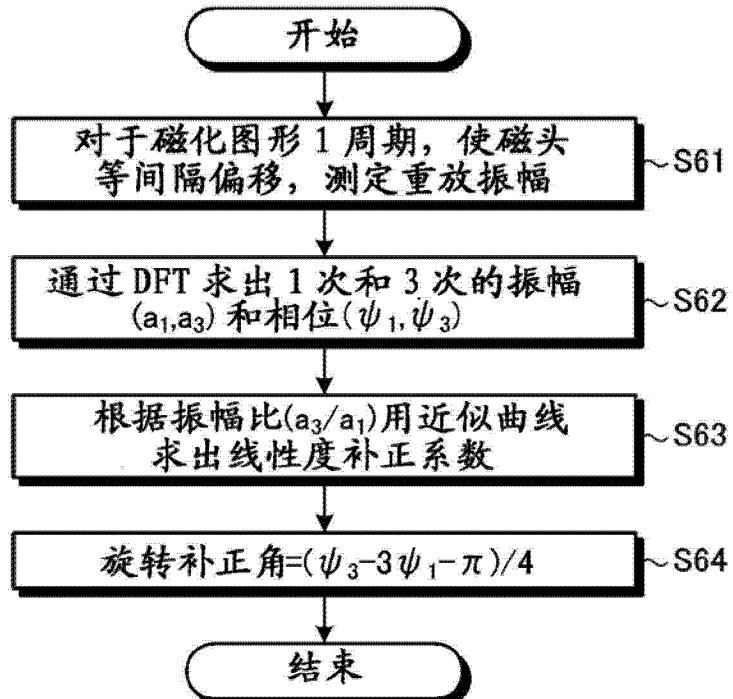


图 19

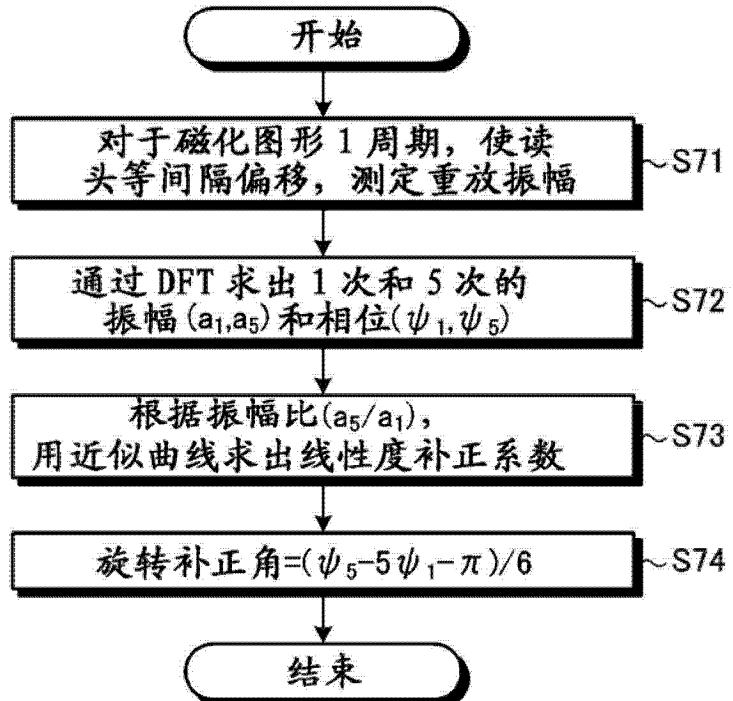


图 20

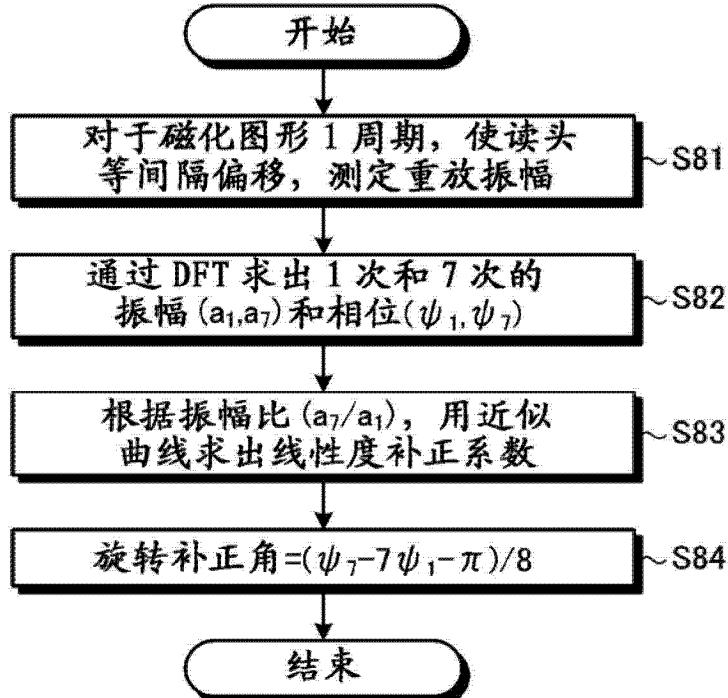


图 21

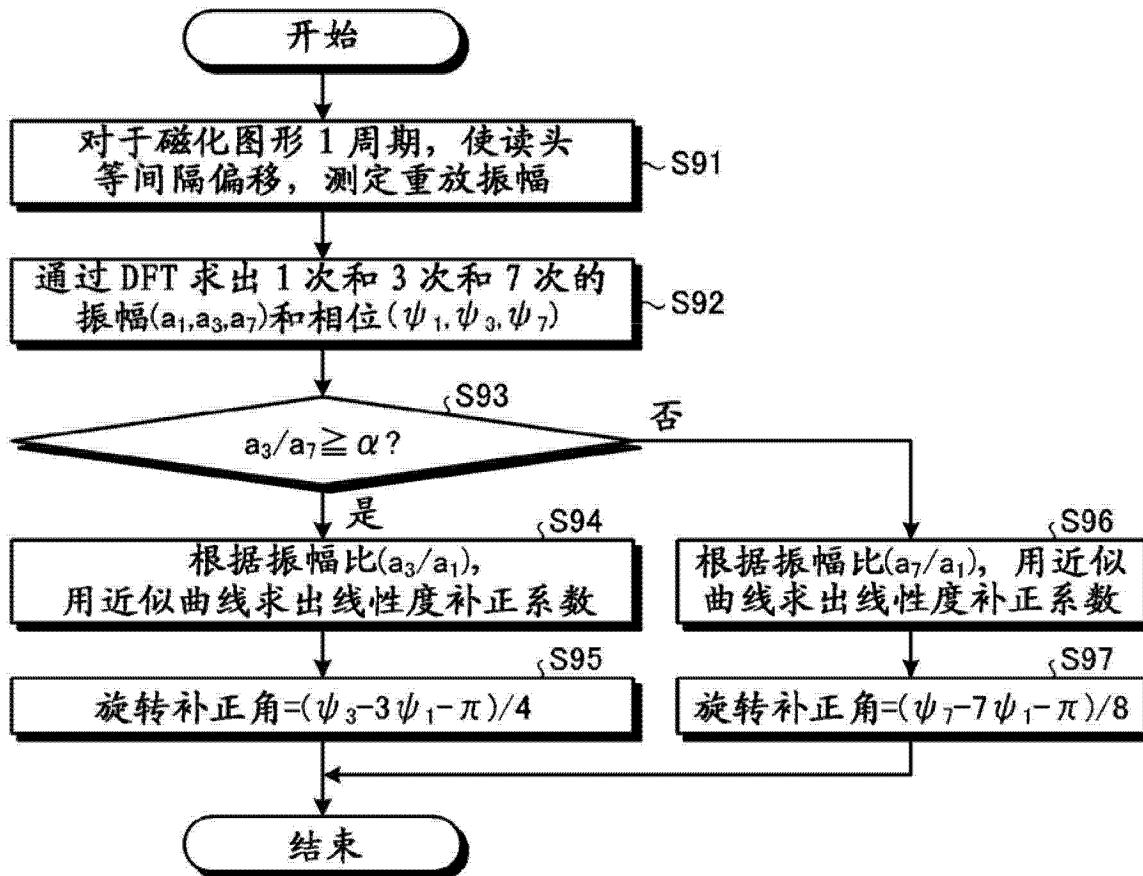


图 22

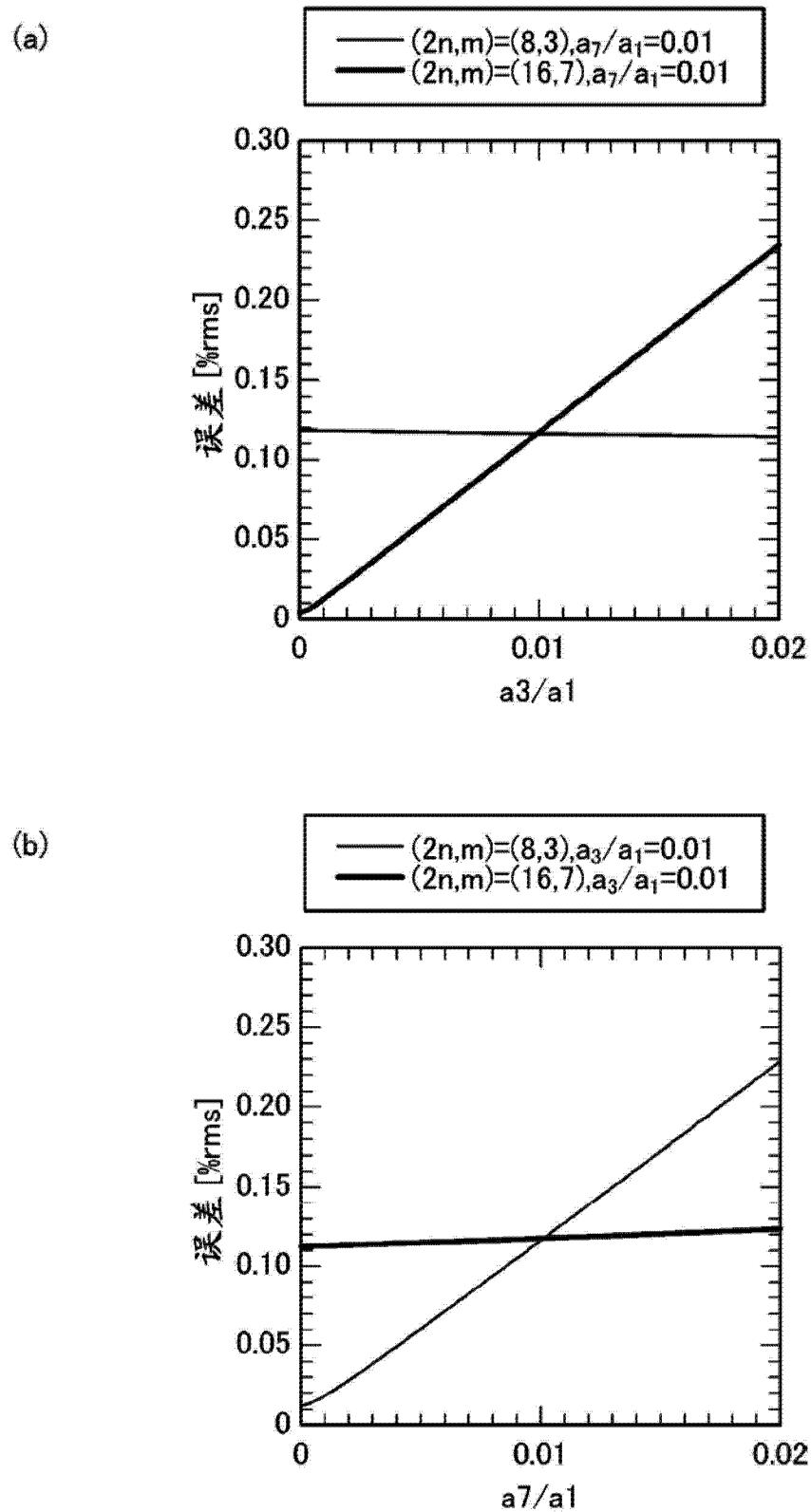


图 23

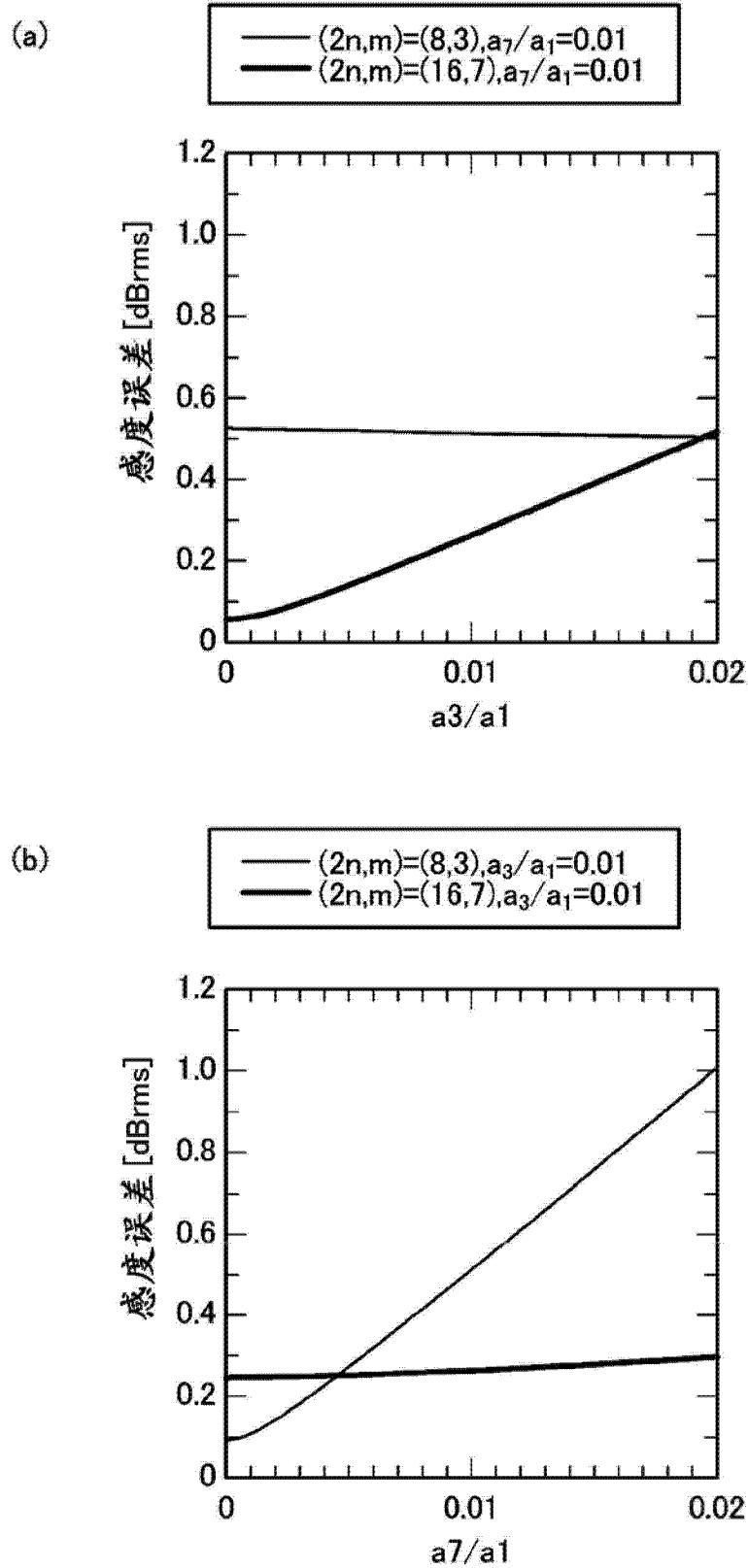


图 24

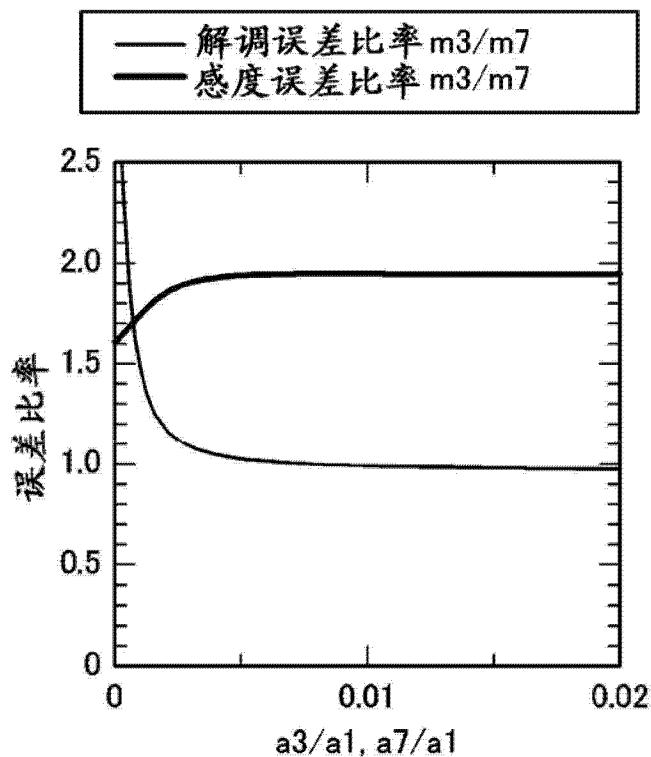


图 25

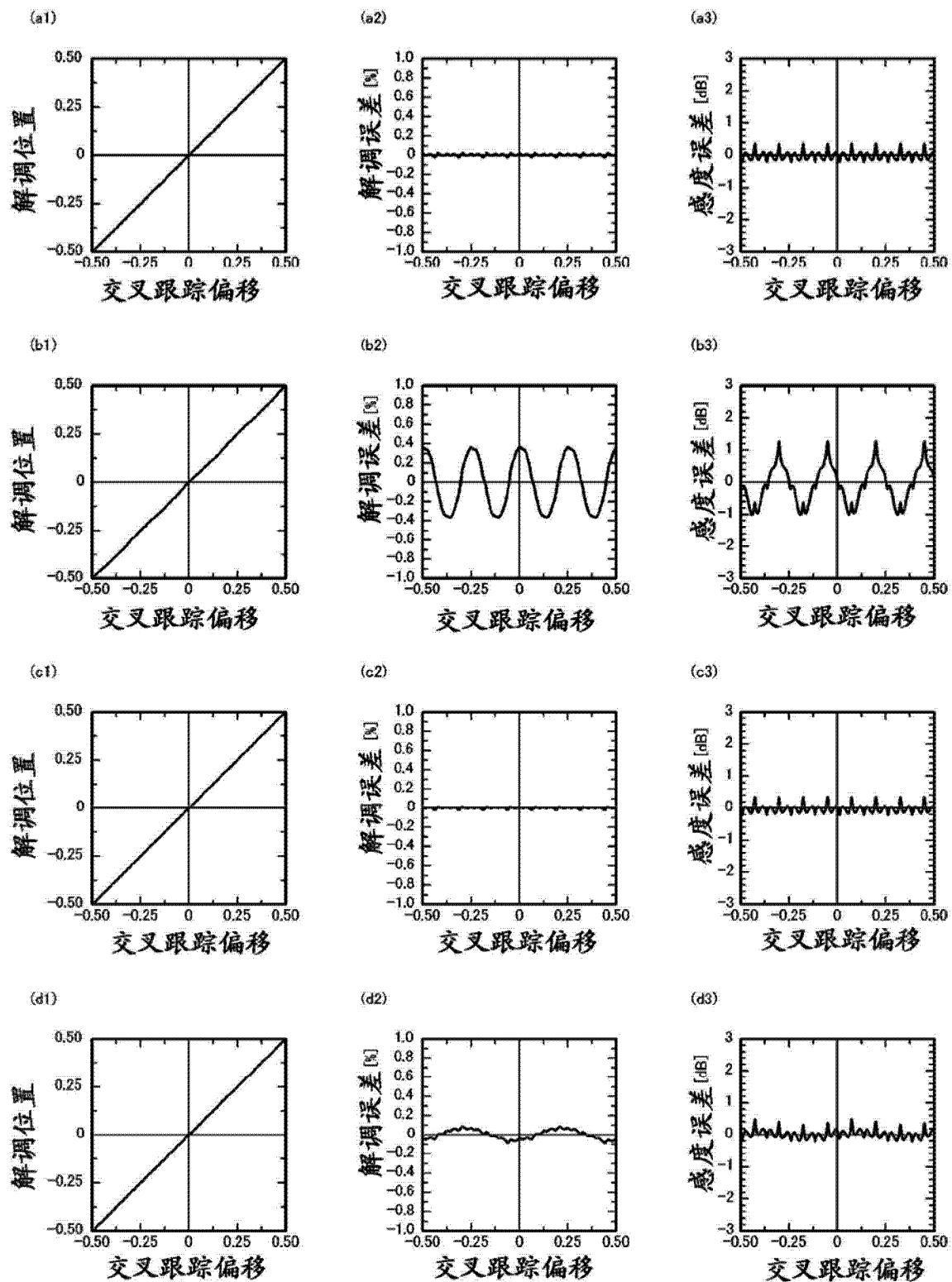


图 26

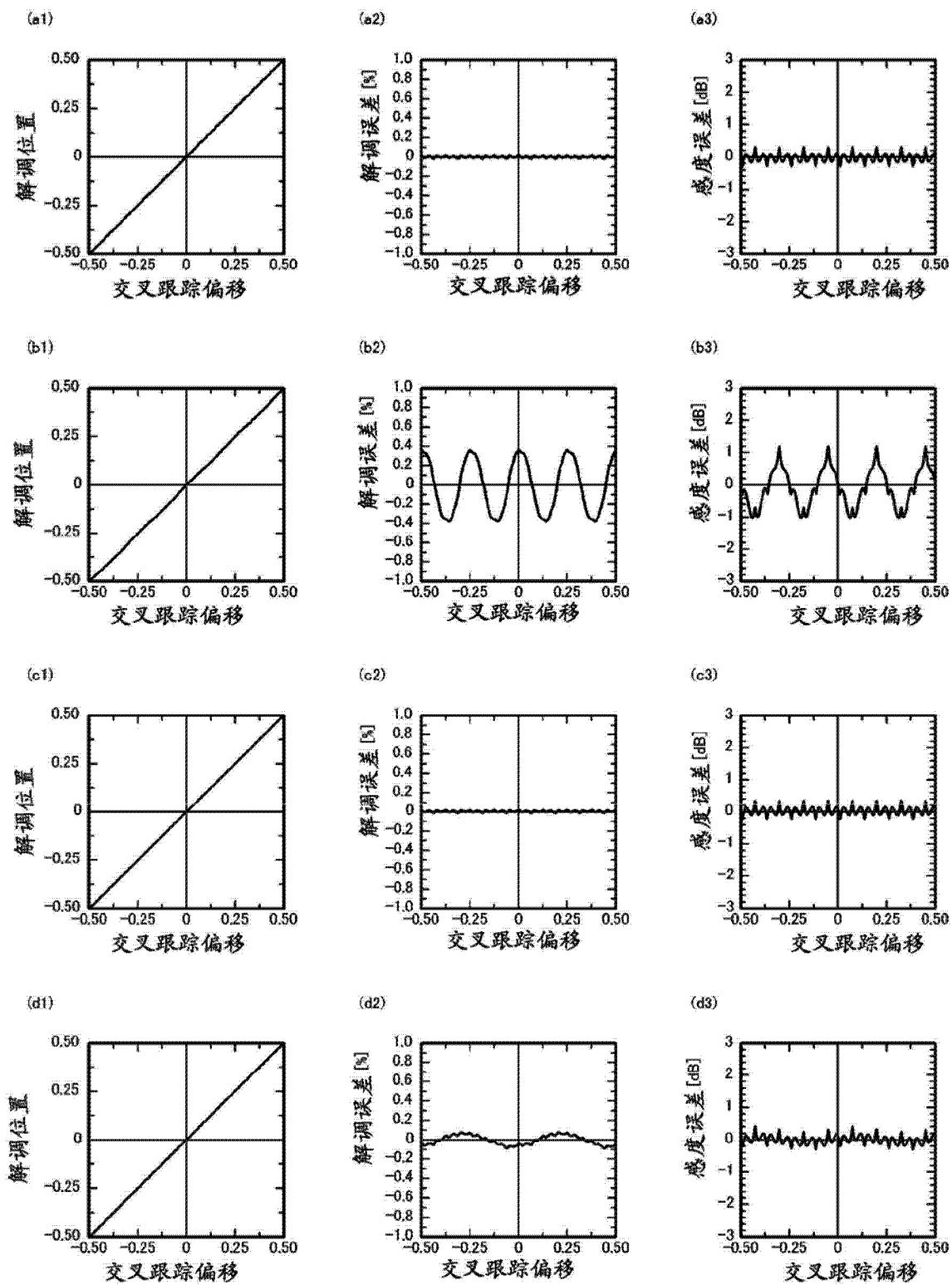


图 27

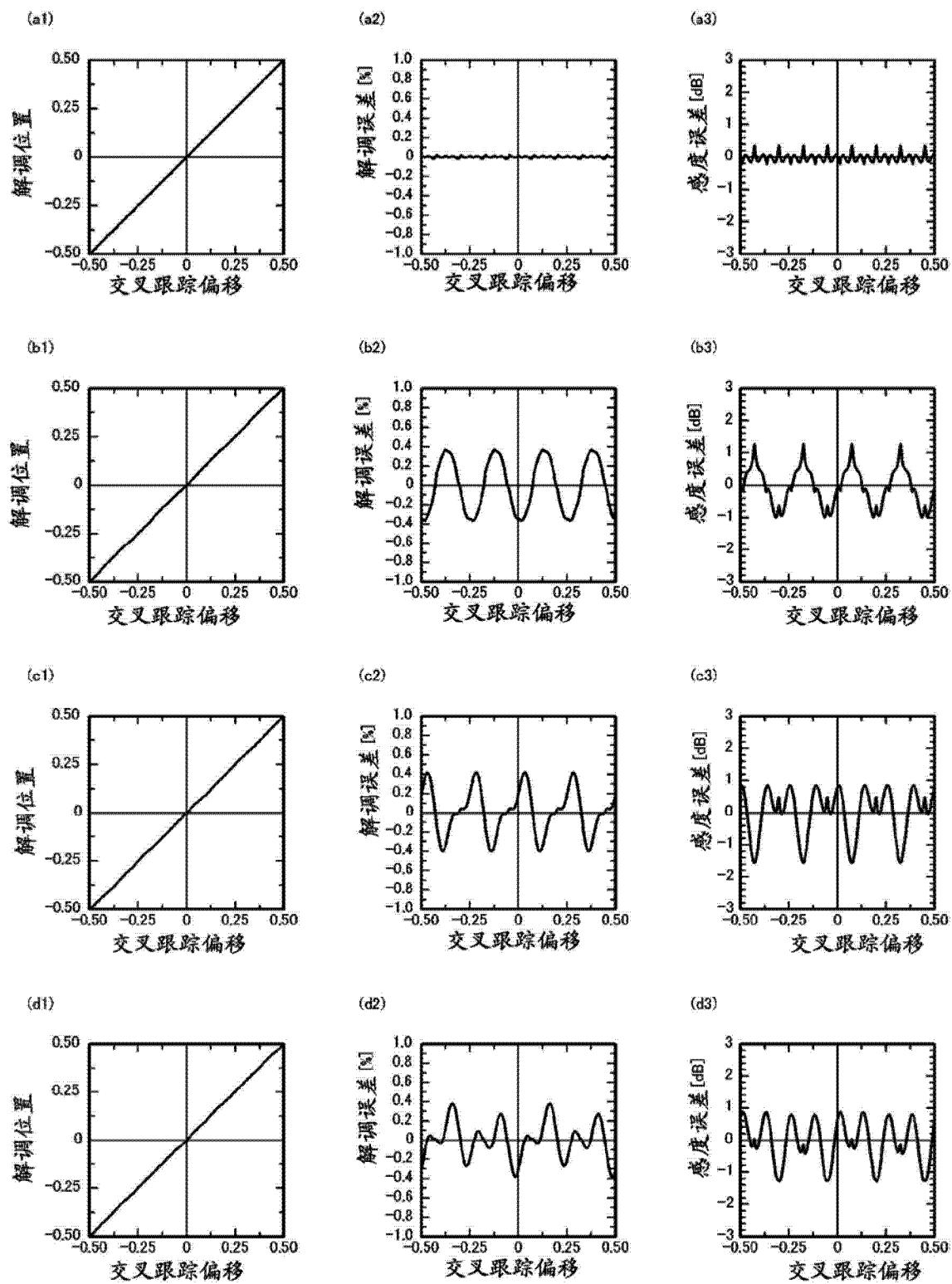


图 28

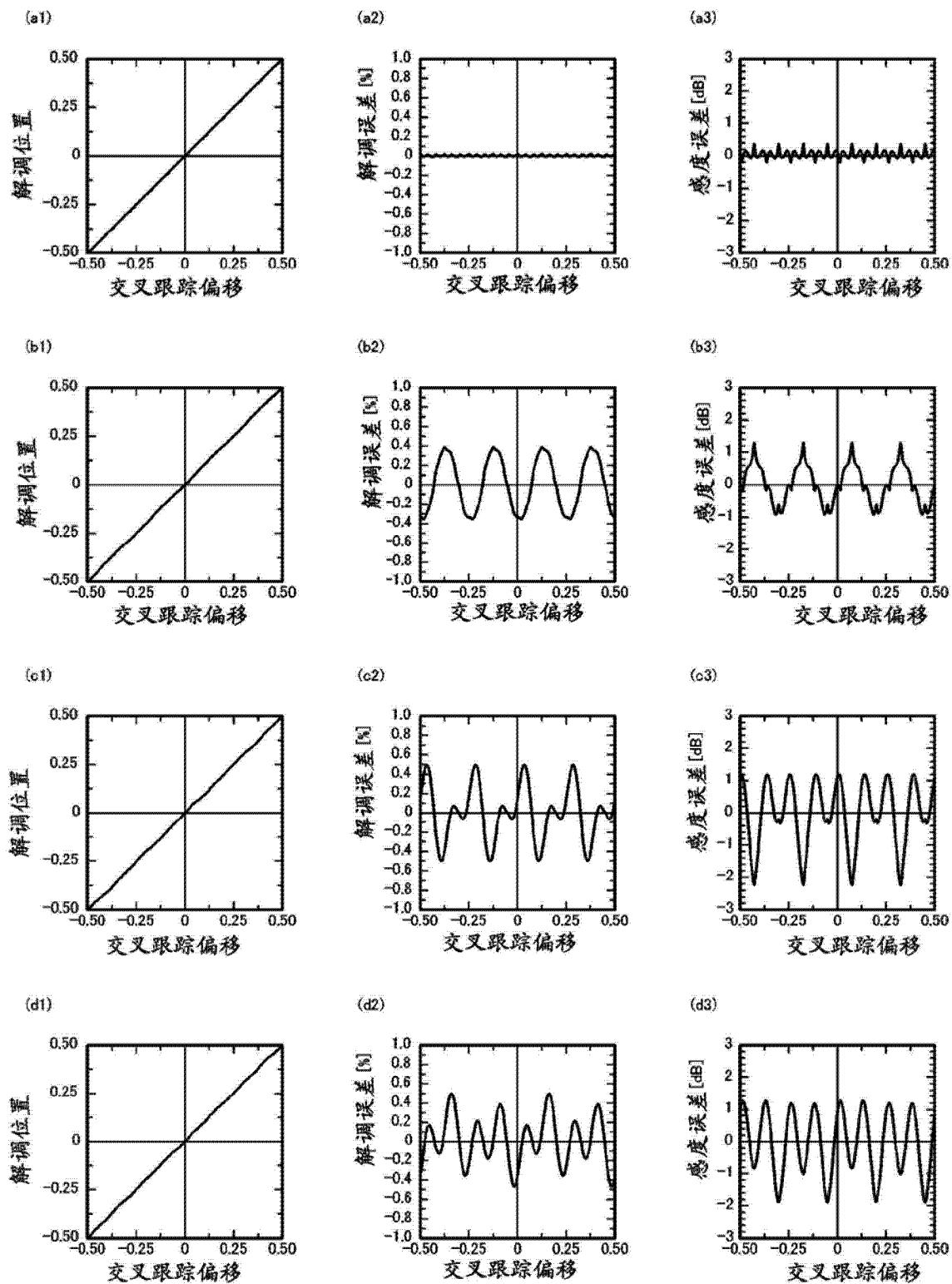


图 29

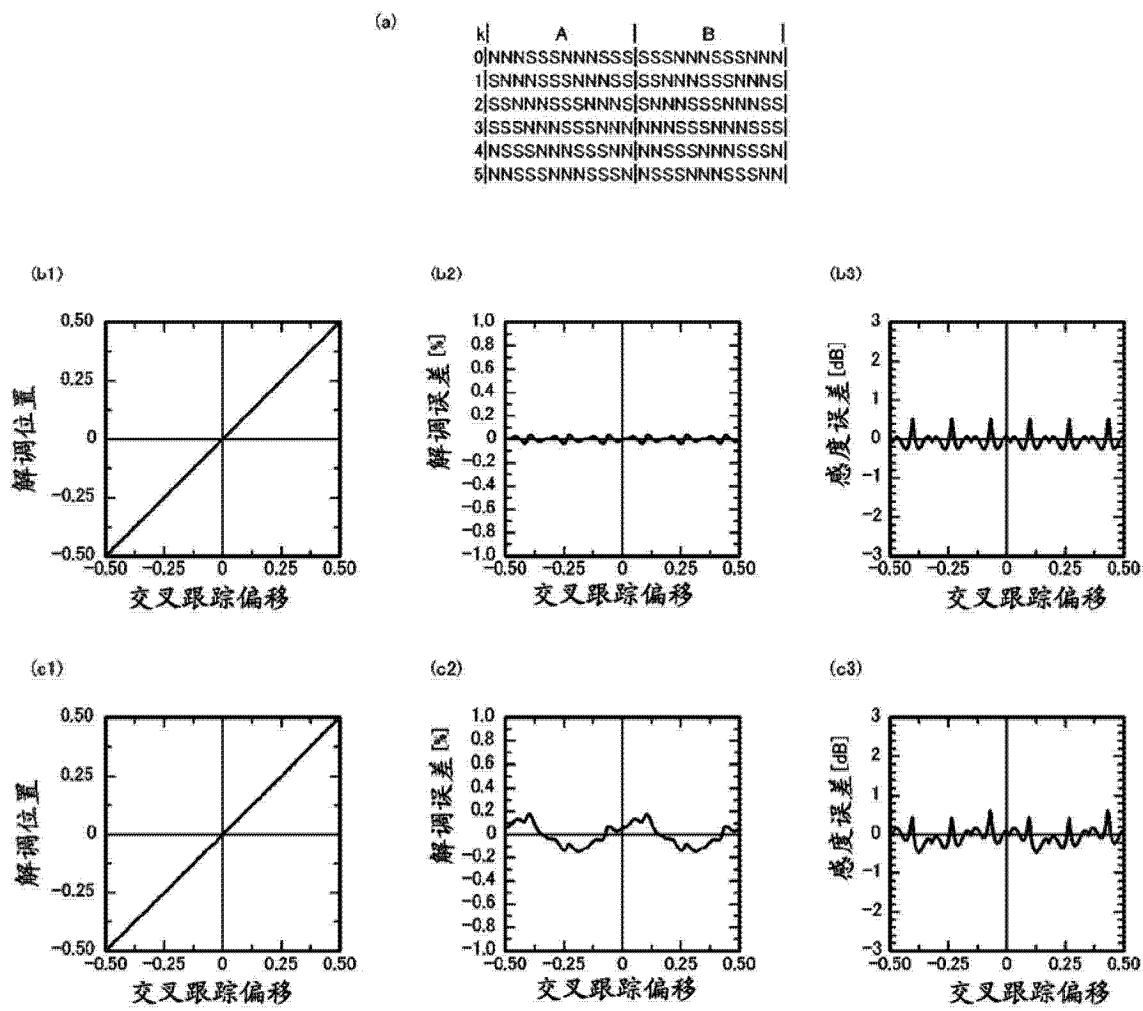


图 30

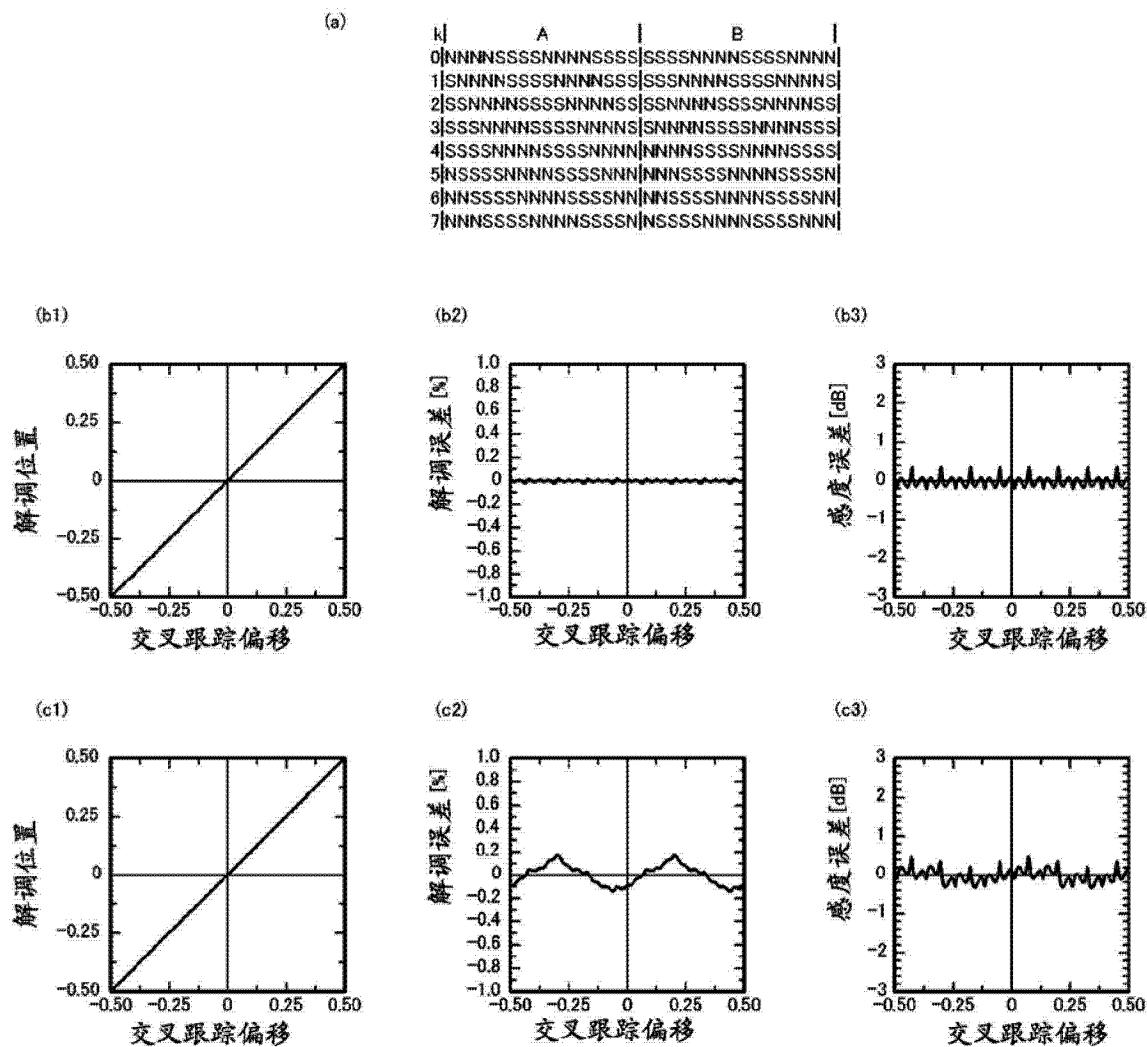


图 31