[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
G11B 5/02

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 99805933.1

[43]公开日 2001年6月20日

[11]公开号 CN 1300419A

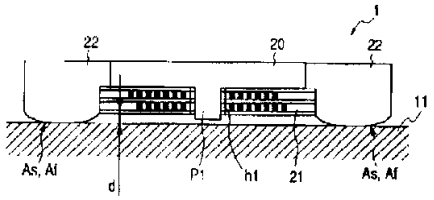
[22]申请日 1999.4.30 [21]申请号 99805933.1
[30]优先权
[32]1998.5.7 [33]JP [31]124734/1998
[32]1999.3.19 [33]JP [31]75275/1999
[86]国际申请 PCT/JP99/02317 1999.4.30
[87]国际公布 WO99/57717 日 1999.11.11
[85]进入国家阶段日期 2000.11.7
[71]申请人 佳能株式会社
地址 日本东京
共同申请人 旭化成工业株式会社
[72]发明人 石井和庆 吉田耕造
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 冯 谱

权利要求书6页 说明书31页 附图页数7页

[54]发明名称 用于磁头的线圈、磁头、及磁光记录器

[57]摘要

一种用于磁头的扁平线圈，包括由导电材料膜制成的螺旋线圈 图案、和连接到线圈图案上的两个终端。线圈图案的横截面一般是 矩形的。线圈图案的最小节距P[μm]、沿其中节距P最小的线取出 的横截面的宽度W[μm]及高度H[μm]满足相应的如下公式：15[μm] ≤P≤70[μm]、1.85—0.012p≤H/W≤7.5—0.06P。当磁性材料铁心不 安装时测量在两个终端之间的阻抗ZO，并且等效地通过使用电感L0、并联于电感的高频电阻RpO表示。与电感L0串联连接的直流 电阻Rs独立于频率，在10MHz下的电感L0[μH]满足L0≤0.85[μH]。



ISSN1008-4274

00.1.07

权 利 要 求 书

1.一种由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成的扁平磁头线圈，其特征在于，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(10)和(11):

$15\ [\mu m] \leq P \leq 70\ [\mu m]$ …(10)

$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P$ …(11)

当在由磁性材料制成的至少一个铁心不安装的同时在线圈的两个终端之间的阻抗 Z0 认为等效地由电感 L0、并联于电感 L0 的 RF 电阻 Rp0、及串联连接到电感 L0 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(5):

$L0 \leq 0.85\ [\mu H]$ …(5)

2.根据权利要求 1 所述的磁头线圈，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(6)和(8):

$Rp0 \geq L0 \times 1500$ …(6)

$Rs \leq 2$ …(8)

3.根据权利要求 2 所述的磁头线圈，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]满足不等式(7):

$Rp0 \geq L0 \times 2000$ …(7)

4.根据权利要求 1 至 3 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的磁头线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与磁头线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及磁头线圈的厚度 T [μm]满足不等式(13) 、(14) 、和(15):

$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m]$ …(13)

$Tc \leq 1.5H$ …(14)

$50\ [\mu m] \leq T \leq 450\ [\mu m]$ …(15)

5.根据权利要求 1 至 3 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(16) 、(17) 、和(18):

$14 \leq N \leq 40$ … (16)

$r1 \leq 0.2$ [mm] … (17)

$r2 \leq 1.1$[mm] … (18)

6.一种由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成的扁平磁头线圈，其特征在于，一个透光部分形成在线圈的中心处，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(29)和(30):

15 [μm] $\leq P \leq 50$ [μm] … (29)

$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P$ … (30)

当在由磁性材料制成的至少一个铁心不安装的同时在线圈的两个终端之间的阻抗 Z0 认为等效地由电感 L0、并联于电感 L0 的 RF 电阻 Rp0、及串联连接到电感 L0 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(24):

$L0 \leq 1.4$ [μH] … (24)

7.根据权利要求 6 所述的磁头线圈，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(25)和(27):

$Rp0 \geq L0 \times 1200$ … (25)

$Rs \leq 6$ [Ω] … (27)

8.根据权利要求 7 所述的磁头线圈，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]满足不等式(26):

$Rp0 \geq L0 \times 1500$ … (26)

9.根据权利要求 6 至 8 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的磁头线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈

图案的端面与磁头线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及磁头线圈的厚度 T [μm]满足不等式(32) 、(33) 、和(34):

$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m]$ … (32)

$Tc \leq 1.5H$ … (33)

$30\ [\mu m] \leq T \leq 300\ [\mu m]$ … (34)

10.根据权利要求 6 至 8 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(35) 、(36) 、和(37):

$20 \leq N \leq 70$ … (35)

$r1 \leq 0.13\ [mm]$ … (36)

$r2 \leq 1.0\ [mm]$ … (37)

11.根据权利要求 1 至 3 或 6 至 8 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，当由磁性材料制成的至少一个铁心不安装时，使线圈的阻抗幅值|Z0|最大的自谐振频率 fr0 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(9):

$$fr0 \geq 1/(2\pi\sqrt{L0 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (9)$$

12.根据权利要求 1 至 3 或 6 至 8 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，形成二至四个线圈图案。

13.根据权利要求 1 至 3 或 6 至 8 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，线圈图案上的节距 P [μm]和宽度 W [μm]满足不等式(12):

$0.55 \leq W/P \leq 0.8$ … (12)

14.一种带有一个由磁性材料制成的铁心和一个扁平线圈的磁头，其特征在于，线圈由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(10)和(11):

$15\ [\mu m] \leq P \leq 70\ [\mu m]$ … (10)

$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P$ … (11)

当在线圈的两个终端之间的阻抗 Z1 认为等效地由电感 L1、并

联于电感 L1 的 RF 电阻 Rp1、及串联连接到电感 L1 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(1):

$$L1 \leq 1.4\ [\mu H] \quad \cdots (1)$$

15.根据权利要求 14 所述的磁头，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(2)和(8):

$$Rp1 \geq L1 \times 1500 \quad \cdots (2)$$

$$Rs \leq 2 \quad \cdots (8)$$

16.根据权利要求 15 所述的磁头，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]满足不等式(3):

$$Rp1 \geq L1 \times 2000 \quad \cdots (3)$$

17.根据权利要求 14 至 16 任一项所述的磁头，其特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及线圈的厚度 T [μm]满足不等式(13) 、(14) 、和(15):

$$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (13)$$

$$Tc \leq 1.5H \quad \cdots (14)$$

$$50\ [\mu m] \leq T \leq 450\ [\mu m] \quad \cdots (15)$$

18.根据权利要求 14 至 16 任一项所述的磁头，其特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(16) 、(17) 、和(18):

$$14 \leq N \leq 40 \quad \cdots (16)$$

$$r1 \leq 0.2\ [mm] \quad \cdots (17)$$

$$r2 \leq 1.1[mm] \quad \cdots (18)$$

19.根据权利要求 14 至 16 任一项所述的磁头，其特征在于，磁头带有一个用来在磁光记录介质上滑动的滑动表面或一个用来浮动和滑翔的浮动表面，并且在面对着磁光记录介质的线圈下表面与滑

动表面或浮动表面的最下点之间的间隔 d [μm]满足不等式(19):

$$d \leq 200\ [\mu m] \quad \cdots (19)$$

20.一种带有一个扁平线圈的磁头，其特征在于，线圈由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成，一个透光部分形成在线圈的中心处，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(29)和(30):

$$15\ [\mu m] \leq P \leq 50\ [\mu m] \quad \cdots (29)$$

$$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P \quad \cdots (30)$$

当在线圈的两个终端之间的阻抗 Z1 认为等效地由电感 L1、并联于电感 L1 的 RF 电阻 Rp1、及串联连接到电感 L1 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(20):

$$L1 \leq 1.4\ [\mu H] \quad \cdots (20)$$

21.根据权利要求 20 所述的磁头，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(21)和(27):

$$Rp1 \geq L1 \times 1200 \quad \cdots (21)$$

$$Rs \leq 6\ [\Omega] \quad \cdots (27)$$

22.根据权利要求 21 所述的磁头，其特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]满足不等式(22):

$$Rp1 \geq L1 \times 1500 \quad \cdots (22)$$

23.根据权利要求 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及线圈的厚度 T [μm]满足不等式(32) 、(33) 、和(34):

$$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (32)$$

$$Tc \leq 1.5H \quad \cdots (33)$$

30 [μm] ≤ T ≤ 300 [μm] …(34)

24.根据权利要求 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(35) 、(36) 、和(37):

20 ≤ N ≤ 70 …(35)

r1 ≤ 0.13 [mm] …(36)

r2 ≤ 1.0 [mm] …(37)

25.根据权利要求 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，磁头带有一个用来在磁光记录介质上滑动的滑动表面或一个用来浮动和滑翔的浮动表面，并且在面对着磁光记录介质的线圈下表面与滑动表面或浮动表面的最下点之间的间隔 d [μm]满足不等式(38):

d ≤ 100 [μm] …(38)

26.根据权利要求 14 至 16 或 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，使线圈的阻抗幅值|Z1|最大的自谐振频率 fr1 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(4):

$$fr1 \geq 1/(2\pi\sqrt{L1 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (4)$$

27.根据权利要求 14 至 16 或 20 至 22 任一项所述的磁头线圈，其特征在于，形成二至四个线圈图案。

28.根据权利要求 14 至 16 或 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，线圈图案上的节距 P [μm]和宽度 W [μm]满足不等式(12):

0.55 ≤ W/P ≤ 0.8 …(12)

29.根据权利要求 20 至 22 任一项所述的磁头，其特征在于，进一步包括一个透镜。

30.一种带有一个用光来照射磁光记录介质的光学头、和一个用来把由信息信号调制的磁场施加到磁光记录介质上的磁头的磁光记录设备，其特征在于，磁头是一种在权利要求 14 至 29 的任一项中定义的磁头。

00.1.07

说　　明　　书

用于磁头的线圈、磁头、及磁光记录器

本发明涉及一种用来把信息信号记录在其上由磁场调制记录方法记录信息信号的磁光记录介质上的磁光记录设备、一种用于该磁光记录设备的磁头、及一种用于该磁头的磁头线圈。

用来以高密度把信息信号记录在诸如磁光盘之类的磁光记录介质上的磁光记录设备的常规已知例子，采用一种磁场调制方法。这种类型的设备包括光学头和磁头。光学头把激光束会聚成一个小光点以照射磁光记录介质的磁记录层。磁头把由信息信号调制的磁场施加到磁光记录介质的激光束照射部分上，由此把信息信号记录在磁光记录介质上。

这种常规磁光记录设备使用一种具有例如在日本专利申请公开No. 6-309607 中公开的布置的磁头。图 9 是剖视图，表示这种常规磁头的结构。

标号 50 指示一个由诸如铁氧体之类的磁性材料制成的铁心；而 51 指示一个通过把磁导线(通过把聚氨酯等绝缘膜形成在由诸如铜之类的导电材料制成的导线上制备的细电线)缠绕在铁心的磁极 p3 上形成的线圈。通过向线圈 51 供给电流，一个磁场从铁心 50 的磁极 p3 的端面产生，并且竖直施加到磁光记录介质上。

在最近几年，对信息信号高速记录的需要一直在上升。伴随着这种情况，必须增大磁场的调制频率。然而，当线圈由磁导线形成时，象常规磁头那样，可制造导线的截面形状和尺寸受到限制，并且不能人为地设置。如果形成磁导线的导线直径设置为 50 μm 或更小以减小线圈的尺寸，则磁导线难以竖直和水平地对齐，如图 9 中所示，以便构成线圈。这导致无序缠绕的不规则匝。为此，线圈直径不可避免地较大。对于竖直细长的线圈形状，如图 9 中所示，线圈电感增大，减小磁头的磁场产生效率。然而，由直径 50 μm 或更

小的导线制成的细磁导线非常困难，不制造竖直细长的线圈，而是制造具有低电感的扁平线圈。为了增大磁场的调制频率，与调制频率或线圈电感成比例的高驱动电压必须施加到磁头线圈上，这会增大磁光记录设备的功率消耗。此外，不能满意地减小由磁导线的趋肤和邻近效应引起的线圈 RF 电阻。磁头的 RF 损失增大，由磁头产生的热量降低磁头的磁特性，并且希望强度的磁场难以产生。该问题在 8 MHz 或更大的最大磁场调制频率下变得很严重。

根据本发明，由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成的扁平磁头线圈的特征在于，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(10)和(11):

$$15\ [\mu m] \leq P \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (10)$$

$$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P \quad \cdots (11)$$

当在由磁性材料制成的至少一个铁心不安装的同时在线圈的两个终端之间的阻抗 Z0 认为等效地由电感 L0、并联于电感 L0 的 RF 电阻 Rp0、及串联连接到电感 L0 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(5):

$$L0 \leq 0.85\ [\mu H] \quad \cdots (5)$$

磁头线圈的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(6)和(8):

$$Rp0 \geq L0 \times 1500 \quad \cdots (6)$$

$$Rs \leq 2 \quad \cdots (8)$$

磁头线圈的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]满足不等式(7):

$$Rp0 \geq L0 \times 2000 \quad \cdots (7)$$

磁头线圈的特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的磁头线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与磁头线圈下表面之间

的间隔 Tc [μm]、及磁头线圈的厚度 T [μm]满足不等式(13) 、(14) 、和(15):

$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m]$ … (13)

$Tc \leq 1.5H$ … (14)

$50\ [\mu m] \leq T \leq 450\ [\mu m]$ … (15)

磁头线圈的特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(16) 、(17) 、和(18):

$14 \leq N \leq 40$ … (16)

$r1 \leq 0.2\ [mm]$ … (17)

$r2 \leq 1.1[mm]$ … (18)

根据本发明，由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成的扁平磁头线圈的特征在于，一个透光部分形成在线圈的中心处，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(29)和(30):

$15\ [\mu m] \leq P \leq 50\ [\mu m]$ … (29)

$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P$ … (30)

当在由磁性材料制成的至少一个铁心不安装的同时在线圈的两个终端之间的阻抗 Z0 认为等效地由电感 L0、并联于电感 L0 的 RF 电阻 Rp0、及串联连接到电感 L0 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(24):

$L0 \leq 1.4\ [\mu H]$ … (24)

磁头线圈的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(25)和(27):

$Rp0 \geq L0 \times 1200$ … (25)

$Rs \leq 6\ [\Omega]$ … (27)

磁头线圈的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 [Ω]满足不等式(26):

$Rp0 \geq L0 \times 1500$ … (26)

磁头线圈的特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的磁头线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与磁头线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及磁头线圈的厚度 T [μm]满足不等式(32) 、(33) 、和(34):

$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m]$ … (32)

$Tc \leq 1.5H$ … (33)

$30\ [\mu m] \leq T \leq 300\ [\mu m]$ … (34)

磁头线圈的特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(35) 、(36) 、和(37):

$20 \leq N \leq 70$ … (35)

$r1 \leq 0.13\ [mm]$ … (36)

$r2 \leq 1.0\ [mm]$ … (37)

磁头线圈的特征在于，当由磁性材料制成的至少一个铁心不安装时，使线圈的阻抗幅值|Z0|最大的自谐振频率 fr0 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(9):

$$fr0 \geq 1/(2\pi\sqrt{L0 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (9)$$

磁头线圈的特征在于，形成二至四个线圈图案。

磁头线圈的特征在于，线圈图案上的节距 P [μm]和宽度 W [μm]满足不等式(12):

$0.55 \leq W/P \leq 0.8$ … (12)

根据本发明，带有一个由磁性材料制成的铁心和一个扁平线圈的磁头特征在于，线圈由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(10)和(11):

$15\ [\mu m] \leq P \leq 70\ [\mu m]$ … (10)

$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P$ …(11)

当在线圈的两个终端之间的阻抗 Z1 认为等效地由电感 L1、并联于电感 L1 的 RF 电阻 Rp1、及串联连接到电感 L1 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(1):

$L1 \leq 1.4$ [μH] …(1)

磁头的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(2)和(8):

$Rp1 \geq L1 \times 1500$ …(2)

$Rs \leq 2$ …(8)

磁头的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]满足不等式(3):

$Rp1 \geq L1 \times 2000$ …(3)

磁头的特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及线圈的厚度 T [μm]满足不等式(13) 、(14) 、和(15):

2 [μm] $\leq Tb \leq 70$ [μm] …(13)

$Tc \leq 1.5H$ …(14)

50 [μm] $\leq T \leq 450$ [μm] …(15)

磁头的特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(16) 、(17) 、和(18):

$14 \leq N \leq 40$ …(16)

$r1 \leq 0.2$ [mm] …(17)

$r2 \leq 1.1$[mm] …(18)

磁头的特征在于，磁头带有一个用来在磁光记录介质上滑动的滑动表面或一个用来浮动和滑翔的浮动表面，并且在面对着磁光记录介质的线圈下表面与滑动表面或浮动表面的最下点之间的间隔 d

[μm]满足不等式(19):

$$d \leq 200\ [\mu m] \quad \cdots (19)$$

根据本发明，带有一个扁平线圈的磁头的特征在于，线圈由导电材料膜制成的螺旋线圈图案、和连接到线圈图案上的两个终端构成，一个透光部分形成在线圈的中心处，线圈图案具有大体矩形的截面形状，线圈图案的最小节距 P [μm]、在最小节距 P 处的截面形状的宽度 W [μm]、及高度 H [μm]满足不等式(29)和(30):

$$15\ [\mu m] \leq P \leq 50\ [\mu m] \quad \cdots (29)$$

$$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P \quad \cdots (30)$$

当在线圈的两个终端之间的阻抗 Z1 认为等效地由电感 L1、并联于电感 L1 的 RF 电阻 Rp1、及串联连接到电感 L1 上并且独立于频率的直流电阻 Rs 构成时，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(20):

$$L1 \leq 1.4\ [\mu H] \quad \cdots (20)$$

磁头的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]及直流电阻 Rs [Ω]满足不等式(21)和(27):

$$Rp1 \geq L1 \times 1200 \quad \cdots (21)$$

$$Rs \leq 6\ [\Omega] \quad \cdots (27)$$

磁头的特征在于，在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]、和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]满足不等式(22):

$$Rp1 \geq L1 \times 1500 \quad \cdots (22)$$

磁头的特征在于，线圈图案的至少一个形成在面对着磁光记录介质的线圈的下表面侧，并且在线圈图案之间的间隔 Tb [μm]、在形成在下表面侧的线圈图案的端面与线圈下表面之间的间隔 Tc [μm]、及线圈的厚度 T [μm]满足不等式(32) 、(33) 、和(34):

$$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (32)$$

$$Tc \leq 1.5H \quad \cdots (33)$$

$$30\ [\mu m] \leq T \leq 300\ [\mu m] \quad \cdots (34)$$

磁头的特征在于，线圈图案的总匝数 N、线圈图案的最内周缘

的最小半径 r1 [mm]、及最外周缘的最大半径 r2 [mm]满足不等式(35)、(36)、和(37):

$20 \leq N \leq 70$ …(35)

$r1 \leq 0.13$ [mm] …(36)

$r2 \leq 1.0$ [mm] …(37)

磁头的特征在于，磁头带有一个用来在磁光记录介质上滑动的滑动表面或一个用来浮动和滑翔的浮动表面，并且在面对着磁光记录介质的线圈下表面与滑动表面或浮动表面的最下点之间的间隔 d [μm]满足不等式(38):

$d \leq 100$ [μm] …(38)

磁头的特征在于，使线圈的阻抗幅值|Z1|最大的自谐振频率 fr1 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(4):

$$fr1 \geq 1/(2\pi\sqrt{L1 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (4)$$

磁头的特征在于，形成二至四个线圈图案。

磁头的特征在于，线圈图案上的节距 P [μm]和宽度 W [μm]满足不等式(12):

$0.55 \leq W/P \leq 0.8$ …(12)

根据本发明的磁头的特征在于，进一步包括一个透镜。

根据本发明，带有一个用光来照射磁光记录介质的光学头、和一个用来把由信息信号调制的磁场施加到磁光记录介质上的磁头的磁光记录设备的特征在于，磁头是一种具有以上特征一些的磁头。

使用根据本发明的磁头线圈、磁头、及磁光记录设备能解决在常规设备中的上述问题。

图 1 是侧剖视图，表示根据本发明第一实施例的磁头的结构;

图 2A、2B、和 2C 表示根据本发明的磁头线圈的结构;

图 3 是方块图，表示根据本发明第一实施例的磁光记录设备的示意布置;

图 4 是侧剖视图，表示根据本发明第二实施例的磁头的结构;

图 5 是方块图，表示根据本发明第二实施例的磁光记录设备的

示意布置；

图 6 是电路图，表示线圈的等效结构；

图 7A、7B、7C、7D、和 7E 分别是剖视图，表示在制造根据本发明的磁头线圈时的步骤；

图 8F、8G、8H、8I、和 8J 分别是剖视图，表示在制造根据本发明的磁头线圈时的步骤；及

图 9 是剖视图，表示常规磁头的结构。

将详细描述根据本发明的磁头线圈、磁头、及磁光记录设备的实施例。

[第一实施例]

图 1 是侧剖视图，表示根据本发明第一实施例的磁头 1 的结构。图 3 表示根据本发明第一实施例的磁光记录设备的示意布置。

如图 1 中所示，磁头 1 由一个铁心 20、一个线圈 21、及一个安装他们的滑块 22 构成。标号 11 指示用作用来记录信息信号的磁光记录介质的磁光盘。滑块 22 由润滑性和耐磨性优良的树脂材料或陶瓷材料制成。面对着磁光盘 11 的滑块 22 的下表面用作用来在磁光盘 11 上滑动的滑动表面 As 或用来在磁光盘 11 上浮动和滑翔的浮动表面 Af。图 1 表示其中磁头 1 在磁光盘 11 上滑动的状态。铁心 20 由诸如具有正方形板形状的铁氧体之类的软磁材料制成。具有棱形形状的凸起磁极 p1 位于铁心 20 的中心处，以便竖直地面对着磁光盘 11 的表面。磁极 p1 的端面具有约一边 50 至 200 μm 的正方形形状，线圈 21 是扁平的，并且其中心具有一个孔 h1。线圈 21 固定到铁心 20 的下表面上，以便几乎平行于磁光盘 11 的表面。铁心 20 的磁极 p1 从线圈 21 的下表面经孔 h1 伸出约 50 μm。

在图 3 中，磁光盘 11 用作用来记录信息信号的磁光记录介质，并且包括一个由透明材料形成的基片 12、和一个在基片 12 上由磁性材料形成的磁性记录层 13。磁光盘 11 由一个主轴电机 3 转动。图 1 中所示的磁头 1 布置在磁光盘 11 的上表面上方，而光学头 2 布置在下表面下方以便面对着磁头 1。

磁头 1 保持在一个弹性支撑件 4 的远端，从而滑动表面 As 或浮动表面 Af 面对着磁光盘 11 的上表面。支撑件 4 的近端固定到一个联接件 5 上。光学头 2 固定到联接件 5 上以便面对着磁光盘 11 的下表面。磁头 1 和光学头 2 由一个输送装置(未表示)整体输送到沿磁光盘 11 径向的任意位置。

磁头 1 的线圈 21 连接到一个磁头驱动电路 6 上，磁头驱动电路 6 连接到一个记录信号产生电路 7 上。

光学头 2 由一个激光源、光学传感器、光学系统等组成。激光源连接到一个激光驱动电路 8 上，而光学传感器连接到一个放大电路 9 上。

为了把信息信号记录在磁光盘 11 上，磁光盘 11 由主轴电机 3 转动。然后，磁头 1 在磁光盘 11 上滑动或在其上方浮动/滑翔。记录信号产生电路 7 对于从一个输入终端 T1 输入的信息信号进行诸如编码之类的处理，产生一个记录信号，并且把该信号送到磁头驱动电路 6。磁头驱动电路 6 把由记录信号调制的电流供给到磁头 1 的线圈 21。供给到线圈的电流幅值是±70 mA 至±160 mA，并且其最大调制频率是 8 MHz 或更大。

由信息信号调制的磁场从磁头 1 磁极 p1 的远端产生，并且竖直地施加到磁光盘 11 的磁性记录层 13 上。同时，光学头 2 的激光源在接收到来自激光驱动电路 8 的电流时发射激光束。激光束由光学系统会聚成一个小光点，以照射磁性记录层 13 的磁场施加区域。结果，其磁化方向按照施加磁场方向变化而变化的磁化区域形成在磁性记录层 13 上，由此记录信息信号。

为了复制以这种方式记录的信息信号，在转动磁光盘 11 的同时，光学头 2 用比在记录时功率低的激光束照射磁性记录层 13。由磁性记录层 13 反射的激光束的极化平面，按照形成在磁性记录层 13 上的磁化区域的磁化方向转动。这由光学头 2 的光学传感器检测，并且该检测信号由放大电路 9 放大。信息信号从由信息信号复制电路 10 放大的检测信号产生，并且从一个输出终端 T2 输出。

图 2A 至 2C 表示线圈 21 的结构。图 2A 是当从顶部看时的视图，图 2B 是侧剖视图，及图 2C 是当从底部看时的视图。

线圈 21 由一个作为由非导电材料-例如树脂材料-制成的薄板的基座 30、一个由诸如铜膜之类的导电材料膜制成的线圈图案 31a、一个由诸如光敏树脂材料膜之类的非导电材料制成的绝缘件 32a、一个覆盖线圈图案 31a 的保护涂层 33a、一个由诸如铜膜之类的导电材料膜制成的线圈图案 31b、一个由诸如光敏树脂材料膜之类的非导电材料制成的绝缘件 32b、及一个覆盖线圈图案 31b 的保护涂层 33b 组成，图案 31a、件 32a 及涂层 33a 形成在面对着铁心 20 的基座 30 的一侧(上表面侧)，而图案 31b、件 32b、及涂层 33b 形成在面对着磁光盘 11 的基座 30 的一侧(下表面侧)。

作为磁极布置部分的孔 h1 形成在线圈 21 的中心中。线圈图案 31a 和 31b 螺旋地绕孔 h1 形成。

线圈图案 31a 和 31b 的内周缘部分经诸如靠近孔 h1 形成的通孔之类的一个连接部分 34a 连接。为了经诸如引线之类的电流中继件把线圈图案 31a 和 31b 连接到磁头驱动电路 6 上以便供给电流，第一和第二终端 35a 和 35b 形成在线圈 21 的上表面侧。线圈图案 31a 的外周缘部分连接到第一终端 35a 上，而线圈图案 31b 的外周缘部分经一个连接部分 34b 连接到第二终端 35b 上。线圈图案 31a 和 31b 串联连接在第一与第二终端 35a 与 35b 之间。电流从第一和第二终端 35a 和 35b 供给到线圈图案 31a 和 31b，以从磁极 p1 的端面产生磁场。磁场竖直地施加到磁光盘 11 上。

如图 1 中所示在带有由软磁材料制成的铁心 20 的磁头 1 中在第一与第二终端 35a 与 35b 之间的阻抗 Z1 能等效地用一个等效电路表示，该等效电路由电感 L1、与电感 L1 并联的 RF 电阻 Rp1、及与电感 L1 串联连接且独立于频率的直流电阻 Rs 构成，如图 6 中所示。而且，在对其不安装至少铁心 20(只有)线圈 21 的第一与第二终端 35a 与 35b 之间的阻抗 Z0 能等效地用一个等效电路表示，该等效电路由电感 L0、与电感 L0 并联的 RF 电阻 Rp0、及与电感 L0 串联连接且

独立于频率的直流电阻 Rs 构成，如图 6 中所示。

电感 L1 与至线圈 21 的供给电流的调制频率、驱动电压等有关。RF 电阻 Rp1 与至线圈 21 的供给电流的调制频率、在磁头 1 中的交流功率损失等有关。直流电阻 Rs 与施加到线圈 21 的驱动电压、在磁头 1 中的直流功率损失等有关。考虑他们，以便增大调制频率而不增大线圈 21 的驱动电压、并且减小在磁头 1 中的直流和交流功率损失，线圈 21 的电气特性由电感 L1、RF 电阻 Rp1、及直流电阻 Rs 估计，这些必须落在其希望范围内。

当安装铁心 20 时，铁心 20 磁化以产生磁通，并因而线圈 21 的电感 L1 变得高于在其中不安装铁心 20(只有线圈 21)的状态下的电感 L0。只有线圈 21 的 RF 电阻 Rp0 主要在线圈图案的邻近和趋肤效应的影响下产生。当安装铁心 20 时，RF 电阻 Rp1 进一步受到铁心 20 中的 RF 损失的影响。这样，当安装铁心 20 时线圈 21 的电气特性不仅受到线圈 21 的影响而且受到铁心 20 的影响。因此，为了获得线圈 21 的希望电气特性，线圈 21 的电气特性在不安装由磁性材料制成的铁心 20 时被估计，并且在安装铁心 20 之后进一步估计。注意直流电阻 Rs 与铁心 20 的安装/拆除无关。磁头的交流功率损失与线圈 21 的 RF 电阻 Rp1 或 Rp0 成反比，从而值 Rp0 和 Rp1 希望尽可能地大。

特别是，对于较高调制频率，除电感 L0 和 L1、RF 电阻 Rp0 和 Rp1、及直流电阻 Rs 之外，必须考虑在第一与第二终端 35a 与 35b 之间的静电容。让 L0 和 L1 是当不安装和安装铁心 20 时线圈 21 的电感，而 C 是静电容，当不安装铁心 20 时线圈 21 的自谐振频率 fr0 基本上由下式给出

$$1/(2\pi\sqrt{L0\times C})$$

当安装铁心 20 时线圈 21 的自谐振频率 fr1 基本上由下式给出

$$1/(2\pi\sqrt{L1\times C})$$

如果自谐振频率 fr0 和 fr1 较低，则至线圈 21 的供给电流的调制频率难以增大。因而，至少自谐振频率 fr0 和 fr1 希望远高于至线

圈 21 的供给电流的最大调制频率。

将详细解释线圈 21 的希望电气特性。在记录信息信号时要施加到线圈 21 上的驱动电压与至线圈 21 的供给电流的最大调制频率和电感 L1 成比例。为了增大调制频率而不增大驱动电压，必须减小电感 L1。例如，为了把最大调制频率设置到 8 MHz 或更大，电感 L1 [μH] 希望满足不等式(1):

$$L1 \leq 1.4\ [\mu H] \quad \cdots (1)$$

随着 RF 电阻 Rp1 变高，交流功率损失变小。况且，随着电流波形接近矩形，供给到磁头的电流包含超过最大调制频率的频率分量。因此，为了减小磁头的功率消耗，在 20 MHz 频率下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]希望满足不等式(2):

$$Rp1 \geq L1 \times 1500 \quad \cdots (2)$$

RF 电阻 Rp1 [Ω]更希望满足不等式(3):

$$Rp1 \geq L1 \times 2000 \quad \cdots (3)$$

如果在线圈 21 的第一与第二终端 35a 与 35b 之间的静电容 C 是 1.4 [pF]或更小，则使阻抗幅值|Z1|最大的频率 fr1 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(4):

$$fr1 \geq 1/(2\pi\sqrt{L1 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (4)$$

结果，线圈 21 的自谐振频率 fr1 能设置成远高于最大调制频率。

本发明者已经进行了广泛研究发现，为了在安装带有凸起磁极的铁心时满足不等式(1)和(2)，在不安装铁心 20 时线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)，即在 20 MHz 频率下的电感 L0 [μH] 和 RF 电阻 Rp0 [Ω]希望满足与不等式(1)和(2)相对应的不等式(5)和(6):

$$L0 \leq 0.85\ [\mu H] \quad \cdots (5)$$

$$Rp0 \geq L0 \times 1500 \quad \cdots (6)$$

RF 电阻 Rp0 [Ω]更希望满足与不等式(7):

$$Rp0 \geq L0 \times 2000 \quad \cdots (7)$$

此外，使线圈 21 的阻抗幅值|Z0|最大的频率 fr0 [MHz]、和在

10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(9):

$$fr0 \geq 1/(2\pi\sqrt{L0 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (9)$$

随着直流电阻 Rs 变低，磁头的直流功率损失较小。为了减小磁头的功率消耗，直流电阻 Rs [Ω]希望满足不等式(8)(与铁心 20 的安装/拆除无关):

$$Rs \leq 2 \quad \cdots (8)$$

注意电感 L0 和 L1 是在 10 MHz 下的值，而 RF 电阻 Rp0 和 Rp1 是在 20 MHz 下的值。电感 L0 和 L1、直流电阻 Rs、RF 电阻 Rp0 和 Rp1、及自谐振频率 fr0 和 fr1 是在第一与第二终端 35a 与 35b 之间测量的值。如果在测量中诸如用来供给电流的引线之类的导电件连接到线圈 21 的第一和第二终端 35a 和 35b 上，则他们影响测量值。为了防止这种情况，在测量中这样的导电件必须从线圈 21 的第一和第二终端 35a 和 35b 上拆下。

更具体地说，电感 L0 和 L1、直流电阻 Rs、及 RF 电阻 Rp0 和 Rp1 通过如下方法测量。首先，使用电阻表等测量在第一与第二终端 35a 与 35b 之间的直流电阻 Rs。然后，在预定频率下使用阻抗分析仪，例如可从 HEWLETT PACKARD 得到的 NETWORK/SPECTRUM ANALYAER 4195A，测量在第一与第二终端 35a 与 35b 之间的阻抗 Z0 或 Z1。由阻抗 Z0 或 Z1 的得到测量值和以前测量的直流电阻 Rs，计算在 10 MHz 下的电感 L0 或 L1 和在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 或 Rp1。例如，如果在频率 f 下阻抗 Z0 的测量值是 R0、X0 (注意 Z0 = R0 + jX0，即 R0 是 Z0 的实数部分，而 X0 是 Z0 的虚数部分)，并且ΔR0= R0 - Rs，Rp0 和 L0 由公式(39)和(40)计算:

$$Rp0=(\Delta R0^2 + X0^2)/\Delta R0 \quad \cdots (39)$$

$$L0=(\Delta R0^2 + X0^2)/2\pi fX0 \quad \cdots (40)$$

类似地，如果在频率 f 下阻抗 Z1 的测量值是 R1、X1 (注意 Z1 = R1 + jX1，即 R1 是 Z1 的实数部分，而 X1 是 Z1 的虚数部分)，并且 ΔR1= R1 - Rs，Rp0 和 L0 由公式(41)和(42)计算:

$$Rp1=(\Delta R1^2 + X1^2)/\Delta R1 \quad \cdots (41)$$

$$L1=(\Delta R1^2 + X1^2)/2\pi fX1 \quad \cdots (42)$$

使用阻抗分析仪扫描频率，并且指定使阻抗幅值|Z0|和|Z1|最大的频率且定义为自谐振频率 fr0 和 fr1。

本发明者对线圈 21 的电气特性进一步进行了研究发现，具有满足不等式(5)至(9)的希望电气特性的线圈 21 能通过具有如下特性的线圈图案实现。

线圈 21 由两个至四个用相同中心轴形成和串联连接的扁平螺旋线圈图案即第一实施例中的两个线圈图案 31a 和 31b 形成。如果线圈图案的数量是一个或五个或更多个，则不增大电感 L0 难以足够增大磁场产生效率。五个或更多个线圈图案增大线圈厚度，以增大铁心 20 的磁极 p1 的高度，导致铁心 20 中较大的 RF 损失。三个或四个线圈图案可以通过叠置形成。在这种情况下，制造过程变得比第一实施中的复杂。通过把相同数量的线圈图案形成在线圈 21 的上和下表面侧，线圈 21 的两个表面在制造或使用中在温度变化时同时膨胀/收缩，这防止线圈 21 的变形。因此，最希望在线圈 21 的下和下表面侧形成单独的线圈图案，象第一实施例那样。

线圈图案具有几乎矩形的截面形状。P 表示线圈图案的节距(如果节距视位置而变则为最小值)；W 表示在最小节距 P 处截面形状的宽度；及 H 表示高度。r1 表示线圈图案的最内周缘的最小半径(从线圈图案 31a 和 31b 的中心 X 至最内周缘的距离的最小值)；而 r2 表示线圈图案的最外周缘的最大半径(从线圈图案 31a 和 31b 的中心 X 至最外周缘的距离的最大值)。N 表示线圈图案的匝数(线圈图案 31a 和 31b 的总匝数)。

线圈图案的较小节距 P 希望能减小线圈 21 的电感 L0。然而，如果宽度 W 和高度 H 也随节距 P 的减小而减小，则线圈图案的横截面积减小，而增大线圈图案的直流电阻 Rs。此外，线圈图案的周长(2W+2H)减小，由于趋肤效应有害地减小 RF 电阻 Rp0。相反，如果高度 H 过大，则增大线圈厚度而减小磁场产生效率。作为增大静电

容 C 的结果，自谐振频率 fr0 减小。这使得制造困难。因此，高度 H (或 H/W)的范围必须按照线圈图案的节距 P 按如下适当地选择。更具体的说，为了使线圈 21 的电气特性满足不等式(5)至(9)，线圈图案的节距 P[μm]、宽度 W [μm]、及高度 H [μm]希望满足不等式(10)和(11):

$$15\ [\mu m] \leq P \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (10)$$

$$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P \quad \cdots (11)$$

较高比值 W/P 能减小线圈的直流电阻 Rs。然而，过高的比值 W/P 由于与邻近线圈图案的邻近效应减小 RF 电阻 Rp0。作为增大静电容 C 的结果，自谐振频率 fr0 减小。由此，W/P 希望满足不等式(12):

$$0.55 \leq W/P \leq 0.8 \quad \cdots (12)$$

为了增大磁场产生效率，在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb、和在形成在面对着磁光盘 11 的线圈 21 的下表面上的线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)必须设置得足够小。此外，线圈 21 的总厚度 T 必须设置得较小，并且线圈图案 31a 和 31b 必须带到较靠近磁光盘 11。然而，过小的间隔 Tb 由于在线圈图案 31a 与 31b 之间的邻近效应减小 RF 电阻 Rp0 或增大静电容 C，由此减小自谐振频率 fr0。为了防止这种情况，间隔 Tb [μm]、间隔 Tc [μm]、及厚度 T [μm]最好满足不等式(13) 、(14) 、和(15):

$$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (13)$$

$$Tc \leq 1.5H \quad \cdots (14)$$

$$50\ [\mu m] \leq T \leq 450\ [\mu m] \quad \cdots (15)$$

线圈图案的较小匝数 N 希望减小电感 L0。然而，磁场产生效率降低，并且用来产生希望强度磁场必需的电流增大。因而，匝数 N 必须落在由不等式(16)给定的适当范围内:

$$14 \leq N \leq 40 \quad \cdots (16)$$

线圈图案的最内周缘的较小最小半径 r1 能增大磁场产生效率，

而线圈图案的最外周缘的较小最大半径 r2 能减小电感 L0。因此，最内周缘的最小半径 r1 [mm]、和最外周缘的最大半径 r2 [mm]希望满足不等式 (17)和(18):

$$r1 \leq 0.2 \text{ [mm]} \quad \cdots (17)$$

$$r2 \leq 1.1 \text{ [mm]} \quad \cdots (18)$$

与数值数据一起将描述在本发明第一实施例中的线圈 21 的几个例子。

第一例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 60 μm、55 μm、和 37 μm。这些数值数据满足不等式(10)、(11)、和(12)。

把在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb 设置为 40 μm；把在线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)设置为 20 μm；及把线圈 21 的厚度 T 设置为 190 μm。这些数值数据满足不等式(13) 、(14) 、和(15)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 28.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 14.25)。该数值数据满足不等式(16)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.12 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 1.00 mm。这些数值数据满足不等式(17)和(18)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 0.76 μH, 在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 1,700 Ω, 直流电阻 Rs 是 0.88 Ω, 及自谐振频率 fr0 是 226 MHz。这些数值数据满足不等式(5)至(9)。

铁心 20 安装到线圈 21 上以构成磁头 1，并且测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 1.38 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,990 Ω，及自谐振频率 fr1 是 168 MHz。这些数值数据满足不等式(1)至(4)。

第一例适用于当供给电流的最大调制频率是 8 MHz 或更大的用途。

第二例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 40 μm、50 μm、和 25 μm。这些数值数据满足不等式(10)、(11)、和(12)。

把在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb 设置为 40 μm；把在线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)设置为 20 μm；及把线圈 21 的厚度 T 设置为 180 μm。这些数值数据满足不等式(13)、(14)、和(15)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 28.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 14.25)。该数值数据满足不等式(16)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.12 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 0.71 mm。这些数值数据满足不等式(17)和(18)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 0.68 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 1,550 Ω，直流电阻 Rs 是 0.97 Ω，及自谐振频率 fr0 是 251 MHz。这些数值数据满足不等式(5)至(9)。

铁心 20 安装到线圈 21 上以构成磁头 1，并且测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 1.23 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,700 Ω，及自谐振频率 fr1 是 187 MHz。这些数值数据满足不等式(1)至(4)。

电感 L1 在第二例中比在第一中低，并且第二例适用于当供给电流的最大调制频率是 11 MHz 或更大的用途。

第三例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 30 μm、45 μm、和 18 μm。这些数值数据满足不

等式(10)、(11)、和(12)。

把在线圈图案31a与31b之间的间隔Tb设置为40 μm；把在线圈图案31b的端面与线圈21的下表面(保护涂层33b的表面)之间的间隔Tc(几乎等于保护涂层33b的厚度)设置为20 μm；及把线圈21的厚度T设置为170 μm。这些数值数据满足不等式(13)、(14)、和(15)。

把线圈图案的匝数N设置为32.5(线圈图案31a和31b每一个的匝数是16.25)。该数值数据满足不等式(16)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径r1设置为0.12 mm；而把最外周缘的最大半径r2设置为0.62 mm。这些数值数据满足不等式(17)和(18)。

测量在不安装铁心20时具有这些数值数据的线圈21的电气特性(只有线圈21的电气特性)发现，在10 MHz下的电感L0是0.77 μH，在20 MHz下的RF电阻Rp0是1,760 Ω，直流电阻Rs是1.58 Ω，及自谐振频率fr0是225 MHz。这些数值数据满足不等式(5)至(9)。

铁心20安装到线圈21上以构成磁头1，并且测量线圈21的电气特性发现，在10 MHz下的电感L1是1.39 μH，在20 MHz下的RF电阻Rp1是3,160 Ω，及自谐振频率fr1是167 MHz。这些数值数据满足不等式(1)至(4)。

第三例适用于当供给电流的最大调制频率是8 MHz或更大的用途。由于匝数N比在第一和第二例中大，所以第三例能进一步增大磁场产生效率。

第四例

线圈图案31a与31b由铜膜制成，并且把其节距P、高度H、及宽度W分别设置为30 μm、45 μm、和18 μm。这些数值数据满足不等式(10)、(11)、和(12)。

把在线圈图案31a与31b之间的间隔Tb设置为40 μm；把在线圈图案31b的端面与线圈21的下表面(保护涂层33b的表面)之间的间隔Tc(几乎等于保护涂层33b的厚度)设置为20 μm；及把线圈21

的厚度 T 设置为 170 μm。这些数值数据满足不等式(13)、(14)、和(15)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 28.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 14.25)。该数值数据满足不等式(16)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.12 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 0.56 mm。这些数值数据满足不等式(17)和(18)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 0.52 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 1,170 Ω，直流电阻 Rs 是 1.36 Ω，及自谐振频率 fr0 是 298 MHz。这些数值数据满足不等式(5)至(9)。

铁心 20 安装到线圈 21 上以构成磁头 1，并且测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 0.95 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,020 Ω，及自谐振频率 fr1 是 220 MHz。这些数值数据满足不等式(1)至(4)。

由于电感 L1 比在第一和第二例中低，所以第四例适用于当供给电流的最大调制频率是 14 MHz 或更大的用途。

为了得到线圈 21 的希望电气特性，不仅优化线圈图案的数值数据，如上述那样，而且铁心 20 由在频率 10 MHz 下其相对磁导率的实数部分μ′和虚数部分μ″分别是 300 或更大及 1,600 或更小的软磁材料形成。作为这种材料，能采用从 TDK 得到的 Mn-Zn 铁氧体 HR52 或 HR54、或从 Sumitomo Special Metals 得到的 Mn-Zn 铁氧体 H3F7 或 H3F8。

为了高效地把磁场从磁头 1 施加到磁光盘 11 上，必须把线圈带到足够靠近磁光盘 11。为此目的，在面对着磁光盘 11 的线圈 21 的下表面与滑动表面 As 或浮动表面 Af 的最下点(即磁光盘 11 的表面)之间的间隔 d [μm]希望满足不等式(19)：

$$d \leq 200\ [\mu m] \qquad \cdots (19)$$

通过由润滑性和耐磨性优良的材料形成保护涂层 33b，面对着磁

光盘 11 的线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)可以用作滑动表面 As 或浮动表面 Af。在这种情况下，d=0。

[第二实施例]

图 4 是侧剖视图，表示根据本发明第二实施例的磁头 1 的结构。图 5 表示根据本发明第二实施例的磁光记录设备的示意布置。

如图 4 中所示，磁头 1 由一个透镜 23、一个线圈 21、及一个安装他们的滑块 22 构成。标号 11 指示用作用来记录信息信号的磁光记录介质的磁光盘。滑块 22 由润滑性和耐磨性优良的树脂材料或陶瓷材料制成。面对着磁光盘 11 的滑块 22 的下表面用作用来在磁光盘 11 上滑动的滑动表面 As 或用来在磁光盘 11 上浮动和滑翔的浮动表面 Af。图 4 表示其中磁头 1 在磁光盘 11 上浮动和滑翔的状态。线圈 21 具有与在第一实施例中图 2A 至 2C 中所示的相同的结构，并且将省略其详细描述。

透镜 23 由诸如半球形玻璃之类的透光材料制成，并且一个凸起部分 p2 形成在透镜 23 的底部。在第二实施例中，线圈 21 的孔 h1 是透光部分，并且允许把透镜 23 的凸起部分 p2 插入在孔 h1 中。透镜 23 的凸起部分 p2 面对着磁光盘 11。在凸起部分 p2 的远端靠近磁光盘 11 的表面的同时，激光束从凸起部分 p2 的远端发射到磁光盘 11 的磁性记录层 13 上，由此把激光束会聚成一个小光点。

在第二实施例中，磁头 1 可以或不必包括由诸如铁氧体之类的软磁材料制成的铁心。光学头布置在磁头 1 的上方。即使磁头 1 包括一个铁心，诸如孔之类的透光部分也必须形成在铁心的中心中，并且不能形成凸起的磁极。由于线圈 21 的孔 h1 是透光部分，所以由诸如铁氧体之类的光屏蔽材料制成的磁极不能插入在孔 h1 中。由此，由诸如铁体之类的软磁材料制成的且具有诸如孔之类的透光部分的扁平铁心安装在线圈 21 的上表面与透镜 23 之间。

在图 5 中，磁光盘 11 用作用来记录信息信号的磁光记录介质，并且包括一个由透明材料形成的基片 12、和一个在基片 12 上由磁性材料形成的磁性记录层 13。磁光盘 11 由一个主轴电机 3 转动。图 4

中所示的磁头1布置在磁光盘11的上表面上方，而光学头2布置在磁头1上方。

磁头1保持在一个弹性支撑件4的远端，从而滑动表面As或浮动表面Af面对着磁光盘11的上表面。支撑件4的近端固定到一个联接件5上，并且光学头2也固定到联接件5上。磁头1和光学头2由一个输送装置(未表示)整体输送到沿磁光盘11径向的任意位置。

磁头1的线圈21连接到一个磁头驱动电路6上，磁头驱动电路6连接到一个记录信号产生电路7上。

光学头2由一个激光源、光学传感器、光学系统等组成。激光源连接到一个激光驱动电路8上，而光学传感器连接到一个放大电路9上。

为了把信息信号记录在磁光盘11上，磁光盘11由主轴电机3转动。然后，磁头1在磁光盘11上滑动或在其上方浮动/滑翔。记录信号产生电路7对于从一个输入终端T1输入的信息信号进行诸如编码之类的处理，产生一个记录信号，并且把该信号送到磁头驱动电路6。磁头驱动电路6把由记录信号调制的电流供给到磁头1的线圈21。供给到线圈的电流幅值是±70 mA至±160 mA，并且其最大调制频率是8 MHz或更大。

由信息信号调制的磁场从磁头1产生，并且竖直地施加到磁光盘11的磁性记录层13上。同时，光学头2的激光源在接收到来自激光驱动电路8的电流时发射激光束。激光束经光学头2的光学系统和安装在磁头1上的透镜23会聚成一个小光点，照射磁性记录层13的磁场施加区域。结果，其磁化方向按照施加磁场方向变化而变化的磁化区域形成在磁性记录层13上，由此记录信息信号。

为了复制以这种方式记录的信息信号，在转动磁光盘11的同时，光学头2用比在记录时功率低的激光束照射磁性记录层13。由磁性记录层13反射的激光束的极化平面，按照形成在磁性记录层13上的磁化区域的磁化方向转动。这由光学头2的光学传感器检测，并且该检测信号由放大电路9放大。信息信号从由信息信号复制电

路 10 放大的检测信号产生，并且从一个输出终端 T2 输出。

透镜 23 用来把来自光学头 2 用来照射磁头 1 的激光束会聚成一个较小光点。然而，如果不必使激光束的光点较小，则磁头 1 不必总包括透镜 23。而是，磁头 1 可以或不必包括一个用来透射激光束的件(例如玻璃板)。在第二实施例中，光学头 2 布置在磁头 1 上方，从而至少磁头 1 的线圈 21 必须具有诸如孔 h1 之类的透光部分。

而且在第二实施例中，在磁头 1 中在第一与第二终端 35a 与 35b 之间的阻抗 Z1 能等效地用一个等效电路表示，该等效电路由电感 L1、与电感 L1 并联的 RF 电阻 Rp1、及与电感 L1 串联连接且独立于频率的直流电阻 Rs 构成，如图 6 中所示。而且，在对其不安装至少铁心 20(只有)线圈 21 的第一与第二终端 35a 与 35b 之间的阻抗 Z0 能等效地用一个等效电路表示，该等效电路由电感 L0、与电感 L0 并联的 RF 电阻 Rp0、及与电感 L0 串联连接且独立于频率的直流电阻 Rs 构成，如图 6 中所示。如果磁头 1 不包括任何铁心，则在磁头 1 中线圈 21 的电感 L1 和 RF 电阻 Rp1 等于只有线圈 21 的电感 L0 和 RF 电阻 Rp0。直流电阻 Rs 与铁心的安装/拆除无关。只有线圈 21 的 RF 电阻 Rp0 主要在线圈图案上的邻近和趋肤效应的影响下产生。在对其安装铁心 20 的磁头 1 中圈 21 的 RF 电阻 Rp1 进一步受铁心 20 中的 RF 损失的影响。由于 RF 电阻 Rp1 和 Rp0 的值较大，所以交流功率损失希望较小。

由于第二实施例没有采用至少一个带有凸起磁极的铁心，所以磁头 1 的线圈 21 的电气特性和能够实现这种特性的线圈图案的数值数据与第一实施例中的那些不同。将描述在第二实施例中线圈 21 的希望电气特性。

为了在记录信息信号时增大调制频率而不增大驱动电压，必须减小电感 L1。例如，为了把最大调制频率设置到 8 MHz 或更大，电感 L1 [μH]希望满足不等式(20):

$$L1 \leq 1.4\ [\mu H] \qquad \cdots (20)$$

随着 RF 电阻 Rp1 变高，交流功率损失变小。况且，随着电流

波形接近矩形，供给到磁头 1 的线圈 21 的电流包含超过最大调制频率的频率分量。因此，为了减小磁头 1 的功率消耗，在 20 MHz 频率下的 RF 电阻 Rp1 [Ω]希望满足不等式(21):

$$Rp1 \geq L1 \times 1200 \quad \cdots (21)$$

RF 电阻 Rp1 [Ω]更希望满足不等式(22):

$$Rp1 \geq L1 \times 1500 \quad \cdots (22)$$

如果在线圈 21 的第一与第二终端 35a 与 35b 之间的静电容 C 是 1.4 [pF]或更小，则使阻抗幅值|Z1|最大的频率 fr1 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L1 [μH]满足不等式(23) (注意不等式(23)与不等式(4)相同):

$$fr1 \geq 1/(2\pi\sqrt{L1 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (23)$$

结果，线圈 21 的自谐振频率 fr1 能设置成远高于最大调制频率。

本发明者已经进行了广泛研究发现，为了使磁头 1 的电气特性满足不等式(20)和(21)，在不安装铁心 20 时线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)，即在 20 MHz 频率下的电感 L0 [μH]和 RF 电阻 Rp0 [Ω]希望满足与不等式(20)和(21)相对应的不等式(24)和(25):

$$L0 \leq 1.4\ [\mu H] \quad \cdots (24)$$

$$Rp0 \geq L0 \times 1200 \quad \cdots (25)$$

RF 电阻 Rp0 [Ω]更希望满足与不等式(26):

$$Rp0 \geq L0 \times 1500 \quad \cdots (26)$$

此外，使只有线圈 21 的阻抗幅值|Z0|最大的频率 fr0 [MHz]、和在 10 MHz 下的电感 L0 [μH]满足不等式(28) (注意不等式(28)与不等式(9)相同):

$$fr0 \geq 1/(2\pi\sqrt{L0 \times 1 \cdot 4 \times 10^{-6}}) \quad \cdots (28)$$

如果磁头 1 不包括任何铁心，则 L1=L0 和 Rp1= Rp0 保持。只要满足不等式(24)、(25)、和(26)，就能必然满足不等式(20)、(21)、和(22)。

随着直流电阻 Rs 变低，磁头的直流功率损失较小。为了减小磁头的功率消耗，直流电阻 Rs [Ω]希望满足不等式(27)(与铁心的安装/

拆除无关):

$$Rs \leq 6\ [\Omega] \quad \cdots (27)$$

第二实施例不使用至少一个带有凸起磁极的铁心，不象第一实施例，从而由不等式 (21)、(22)、(25)、和(26)给出的 RF 电阻 Rp0 和 Rp1 及由不等式(27)给出的直流电阻 Rs 的上限与由不等式(2)、(3)、(6)、(7)、和(8)给出的那些不同。

而且在第二实施例中，电感 L0 和 L1 是在 10 MHz 下的值，而 RF 电阻 Rp0 和 Rp1 是在 20 MHz 下的值。电感 L0 和 L1、直流电阻 Rs、RF 电阻 Rp0 和 Rp1、及自谐振频率 fr0 和 fr1 是在第一与第二终端 35a 与 35b 之间测量的值。如果在测量中诸如用来供给电流的引线之类的导电件连接到线圈 21 的第一和第二终端 35a 和 35b 上，则他们影响测量值。为了防止这种情况，在测量中这样的导电件必须从线圈 21 的第一和第二终端 35a 和 35b 上拆下。详细的测量方法与在第一实施例中描述的相同。

本发明者对线圈的电气特性进行了研究发现，具有满足不等式(24)至(28)的希望电气特性的线圈 21 能通过具有如下特性的线圈图案实现。

如图 2A 到 2C 中所示，线圈 21 由两个至四个用相同中心轴形成和串联连接的扁平螺旋线圈图案即该实施例中的两个线圈图案 31a 和 31b 形成。如果线圈图案的数量是一个或五个或更多个，则不增大电感 L0 难以足够增大磁场产生效率。五个或更多个线圈图案增大线圈厚度，以增大铁心 20 的磁极 p1 的高度，导致铁心 20 中较大的 RF 损失。三个或四个线圈图案可以通过叠置形成。在这种情况下，制造过程变得比第二实施中的复杂。通过把相同数量的线圈图案形成在线圈 21 的上和下表面侧，线圈 21 的两个表面在制造或使用中在温度变化时同时膨胀/收缩，这防止线圈 21 的变形。因此，最希望在线圈 21 的下和下表面侧形成单独的线圈图案，象第二实施例那样。

线圈图案具有几乎矩形的截面形状。P 表示线圈图案的节距(如

果节距视位置而变则为最小值); W 表示在最小节距 P 处截面形状的宽度; 及 H 表示高度。r1 表示线圈图案的最内周缘的最小半径(从线圈图案 31a 和 31b 的中心 X 至最内周缘的距离的最小值); 而 r2 表示线圈图案的最外周缘的最大半径(从线圈图案 31a 和 31b 的中心 X 至最外周缘的距离的最大值)。N 表示线圈图案的匝数(线圈图案 31a 和 31b 的总匝数)。

线圈图案的较小节距 P 希望能减小线圈 21 的电感 L0。然而，如果宽度 W 和高度 H 也随节距 P 的减小而减小，则线圈图案的横截面积减小，而增大线圈图案的直流电阻 Rs。此外，线圈图案的周长(2W+2H)减小，由于趋肤效应有害地减小 RF 电阻 Rp0。相反，过大高度 H 增大线圈厚度而减小磁场产生效率。作为增大静电容 C 的结果，自谐振频率 fr0 减小。这使得制造困难。因此，高度 H (或 H/W)的范围必须按照线圈图案的节距 P 按如下适当地选择。更具体的说，为了使线圈 21 的电气特性满足不等式(24)至(28)，线圈图案的节距 P[μm]、宽度 W [μm]、及高度 H [μm]希望满足不等式(29)和(30):

$$15\ [\mu m] \leq P \leq 50\ [\mu m] \quad \cdots (29)$$

$$1.85 - 0.012P \leq H/W \leq 7.5-0.06P \quad \cdots (30)$$

较高比值 W/P 能减小线圈的直流电阻 Rs。然而，过高的比值 W/P 由于与邻近线圈图案的邻近效应减小 RF 电阻 Rp0。作为增大静电容 C 的结果，自谐振频率 fr0 减小。由此，W/P 希望满足不等式(31)(注意不等式(31)与不等式(12)相同):

$$0.55 \leq W/P \leq 0.8 \quad \cdots (31)$$

为了增大磁场产生效率，在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb、和在形成在面对着磁光盘 11 的线圈 21 的下表面上的线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)必须设置得足够小。此外，线圈 21 的总厚度 T 必须设置得较小，并且线圈图案 31a 和 31b 必须带到较靠近磁光盘 11。然而，过小的间隔 Tb 由于在线圈图案 31a 与 31b 之间的邻近效应减小 RF 电阻 Rp0 或增大静电容 C，由此减小自谐振

频率 fr0。为了防止这种情况，间隔 Tb [μm]、间隔 Tc [μm]、及厚度 T [μm]最好满足不等式(32) 、(33) 、和(34):

$$2\ [\mu m] \leq Tb \leq 70\ [\mu m] \quad \cdots (32)$$

$$Tc \leq 1.5H \quad \cdots (33)$$

$$30\ [\mu m] \leq T \leq 300\ [\mu m] \quad \cdots (34)$$

即使线圈图案的匝数 N 设置得与第一实施中的一样小，电感 L0 也减小。为了防止磁场产生效率降低，匝数 N 希望比在第一实施例中的大，并且必须设置在由不等式(35)给定的适当范围内:

$$20 \leq N \leq 70 \quad \cdots (35)$$

由于第二实施例不采用具有凸起磁极的任何铁心，所以线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 和最外周缘的最大半径 r2 必须设置成比在第一实施例中的小以便补偿磁场产生效率的减小。因此，线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 [mm]、和最外周缘的最大半径 r2 [mm]希望满足不等式 (36)和(37):

$$r1 \leq 0.13\ [mm] \quad \cdots (36)$$

$$r2 \leq 1.0\ [mm] \quad \cdots (37)$$

与数值数据一起将描述在本发明第二实施例中的线圈 21 的几个例子。

第五例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 30 μm、50 μm、和 22 μm。这些数值数据满足不等式(29)、(30)、和(31)。

把在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb 设置为 30 μm; 把在线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)设置为 15 μm; 及把线圈 21 的厚度 T 设置为 160 μm。这些数值数据满足不等式(32) 、(33) 、和(34)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 40.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 20.25)。该数值数据满足不等式(35)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.07 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 0.79 mm。这些数值数据满足不等式(36)和(37)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 1.15 μH，在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 2,550 Ω，直流电阻 Rs 是 1.85 Ω，及自谐振频率 fr0 是 176 MHz。这些数值数据满足不等式(24)至(28)。

在对其安装线圈 21(但没有安装铁心)的磁头 1 中，测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 1.15 μH，而在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,550 Ω，这分别等于 L0 和 Rp0，及自谐振频率 fr1 是 176 MHz。这些数值数据满足不等式(20)至(23)。

第五例适用于当供给电流的最大调制频率是 11 MHz 或更大的用途。

第六例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 25 μm、50 μm、和 15 μm。这些数值数据满足不等式(29)、(30)、和(31)。

把在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb 设置为 30 μm；把在线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)设置为 15 μm；及把线圈 21 的厚度 T 设置为 160 μm。这些数值数据满足不等式(32)、(33)、和(34)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 48.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 24.25)。该数值数据满足不等式(35)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.07 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 0.69 mm。这些数值数据满足不等式(36)和(37)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 1.33

μH, 在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 2,940 Ω, 直流电阻 Rs 是 2.80 Ω, 及自谐振频率 fr0 是 163 MHz。这些数值数据满足不等式(24)至(28)。

在对其安装线圈 21(但没有安装铁心)的磁头 1 中，测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 1.33 μH，而在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,940 Ω，这分别等于 L0 和 Rp0，及自谐振频率 fr1 是 163 MHz。这些数值数据满足不等式(20)至(23)。

第六例适用于当供给电流的最大调制频率是 8 MHz 或更大的用途。由于匝数 N 比在第五例中的大，所以磁场产生效率进一步增大。

第七例

线圈图案 31a 与 31b 由铜膜制成，并且把其节距 P、高度 H、及宽度 W 分别设置为 25 μm、50 μm、和 15 μm。这些数值数据满足不等式(29)、(30)、和(31)。

把在线圈图案 31a 与 31b 之间的间隔 Tb 设置为 30 μm；把在线圈图案 31b 的端面与线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)之间的间隔 Tc (几乎等于保护涂层 33b 的厚度)设置为 15 μm；及把线圈 21 的厚度 T 设置为 160 μm。这些数值数据满足不等式(32) 、(33) 、和(34)。

把线圈图案的匝数 N 设置为 40.5 (线圈图案 31a 和 31b 每一个的匝数是 20.25)。该数值数据满足不等式(35)。

把线圈图案的最内周缘的最小半径 r1 设置为 0.07 mm；而把最外周缘的最大半径 r2 设置为 0.59 mm。这些数值数据满足不等式(36)和(37)。

测量在不安装铁心 20 时具有这些数值数据的线圈 21 的电气特性(只有线圈 21 的电气特性)发现，在 10 MHz 下的电感 L0 是 0.92 μH, 在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp0 是 2,000 Ω, 直流电阻 Rs 是 2.03 Ω, 及自谐振频率 fr0 是 203 MHz。这些数值数据满足不等式(24)至(28)。

在对其安装线圈 21(但没有安装铁心)的磁头 1 中，测量线圈 21 的电气特性发现，在 10 MHz 下的电感 L1 是 0.92 μH，而在 20 MHz 下的 RF 电阻 Rp1 是 2,000 Ω，这分别等于 L0 和 Rp0，及自谐振频

率 fr1 是 203 MHz。这些数值数据满足不等式(20)至(23)。

第六例适用于当供给电流的最大调制频率是 14 MHz 或更大的用途。

如上述那样，在第二实施例中，磁头 1 不包括任何铁心，或者即使它包括铁心，铁心也不能具有任何凸起磁极。为了补偿磁场产生效率的降低，在第二实施例中必须把线圈 21 带到较靠近磁光盘 11。为此目的，在面对着磁光盘 11 的线圈 21 的下表面与滑动表面 As 或浮动表面 Af 的最下点(即磁光盘 11 的表面)之间的间隔 d [μm] 希望满足不等式(38):

$$d \leq 200\ [\mu m] \qquad \cdots (38)$$

通过由润滑性和耐磨性优良的材料形成保护涂层 33b，面对着磁光盘 11 的线圈 21 的下表面(保护涂层 33b 的表面)可以用作滑动表面 As 或浮动表面 Af。在这种情况下，d=0。

在第一和第二实施例中描述的线圈 21 能由如下方法制造。图 7A 至 7E 至图 8F 和 8J 表示线圈 13 的制造步骤。

图 7A 表示原始板抛光步骤。这里制备一块由诸如具有约 0.1 mm 厚度的铝、铜、或锌之类的导电材料制成的且具有扁平、光滑表面的原始板 40a。原始板 40a 的表面按照其材料经受专门表面处理，例如在日本专利申请公开 No. 8-279672 中公开的化学处理、或物理抛光和化学处理。结果，把在光敏树脂材料(要在以后描述)的光敏波长(例如 365 nm)下的表面扩散反射率设置到 20%或更小。

图 7B 表示光敏树脂材料涂覆步骤。一个刀片式涂料器均匀地把光敏树脂材料 41a 涂敷到预定厚度。光敏树脂材料 41a 的一个例子是在日本专利公开 No. 6-283830 中公开的液体光敏树脂成分，例如包含乙烯不饱和化合物单体和预聚物或以 10^{-2} 至 2×10^{-4} mol/g 的乙烯不饱和键浓度和 500 至 100,000 的分子重量具有乙烯不饱和键的低聚物。这种材料能形成具有 15 至 100 μm 的节距 P、15 至 200 μm 的高度 H、10 至 80 μm 的宽度 W、及 1 至 7 的 H/W 的线圈图案。线圈图案的节距 P、宽度 W、及高度 H 优化地满足不等式(10)、(11)、和

(12)或不等式(29)、(30)、和(31)。

图 7C 表示曝光步骤。一个带有在玻璃基片 42a 上由铬等金属膜 43a 形成的多个线圈图案和终端的掩模 44a 布置在原始板 40a 上，以便面对着原始板 40a 的表面。平行紫外光束由用作光源的高压水银灯经掩模 44a 发射，由此曝光涂敷到原始板 40a 上的光敏树脂材料 41a。在该步骤，紫外光线作为平行光束发射，并且把原始板 40a 的表面扩散反射率设置到 20%或更小，如上面描述的那样。因而，光敏树脂材料的反作用完全防止紧在下面的金属膜 43a。结果，能形成具有 1 至 7 的 H/W 的矩形截面的线圈图案。

图 7D 表示显影步骤。显影曝光的原始板 40a，以选择性除去光敏树脂材料 41a 的曝光或未曝光部分。光敏树脂材料 41a 的剩余部分起线圈的绝缘件 32a 的作用。

图 7E 表示电镀步骤。由诸如铜膜之类的导电材料膜制成的线圈图案 31a、及第一和第二终端 35a 和 35b (未表示)通过电镀形成在原始板 40a 的表面上的光敏树脂材料 41a 的剩余部分处。线圈图案 31a 的厚度等于光敏树脂材料 41a (绝缘件 32a)的厚度。

类似于原始板 40a，通过图 7A 至 7E 的步骤制备带有在表面上形成的线圈图案 31b 和绝缘件 32b 的原始板 40b。

图 8F 表示粘合步骤。原始板 40a 和 40b 用粘合剂经作为由诸如具有 2 至 70 μm 厚度的聚酰胺之类的树脂材料制成的板的基座 30 粘合，从而线圈图案 31a 和 31b 面对着，并且准确地彼此叠置。当在线圈图案 31a 与 31b 之间的粘合剂层具有满意的绝缘功能时，线圈图案 31a 与 31b 不必把基座 30 夹在当中。

图 8G 是原始板除去步骤。原始板 40a 和 40b 从线圈图案 31a 和 31b 及绝缘件 32a 和 32b 上剥离和除去。另外，原始板 40a 和 40b 可以借助于酸性或碱性溶液溶解和除去。线圈图案 31a 和绝缘件 32a、及线圈图案 31b 和绝缘件 32b 分别与原始板 40a 和 40b 的表面紧密接触地形成。因而，除去原始板 40a 和 40b 之后暴露的线圈图案 31a 和绝缘件 32a 的表面及线圈图案 31b 和绝缘件 32b 的表面形

成在平面中，并且线圈图案 31a 和 31b 不从表面凸起。在原始板 40a 和 40b 上的表面图案直接转移，线圈图案 31a 和 31b 非常平和光滑。

图 8H 表示互连形成步骤。诸如通孔之类的互连 34a 和 34b (未表示)形成在线圈图案 31a 和 31b 的部分中。连接部分 34a 和 34b 的内壁通过电镀涂有诸如铜膜之类的导电材料膜，或者连接部分 34a 和 34b 填充有包括导电材料的粉膏，由此连接他们。

图 8I 表示保护涂层形成步骤。保护涂层 33a 和 33b 通过涂敷树脂材料或粘合树脂材料板分别形成在线圈图案 31a 和绝缘件 32a、及线圈图案 31b 和绝缘件 32b 上。由于线圈图案 31a 和绝缘件 32a 的表面及线圈图案 31b 和绝缘件 32b 的表面是平的和光滑的，所以保护涂层 33a 和 33b 能以满足不等式(14)或(33)的小厚度均匀地形成有平的和光滑的表面。

图 8J 表示外形处理步骤。在该步骤，孔 h1 形成在在以上步骤形成的多个线圈 21 的中心处。各线圈 21 切成预定形状，由此彼此分离他们。孔 h1 的形成和切削能使用激光处理或冲压。

该制造方法能容易地制造其特征在于在第一和第二实施例中描述的各部分尺寸的线圈 21。

如上所述，在根据本发明的磁头线圈和磁头中，线圈由两个或四个平螺旋线圈图案形成。与由磁导线形成的常规线圈相比，以上述方式优化每个线圈图案的数值数据能足够地减小电感和直流电阻，并且能满意地增大 RF 电阻。当把磁场的最大调制频率设置得较高时，这减小磁头的 RF 损失。能解决其中由磁头产生的热量降低磁头的磁特性、和难以产生希望强度的磁场的问题。由于也能减小供给到线圈的驱动电压，所以能把磁场的最大调制频率设置到 8 MHz 或更大而不增大磁光记录设备的功率消耗。因而，信息信号的记录速度能增大。

说 明 书 附 图

图 1

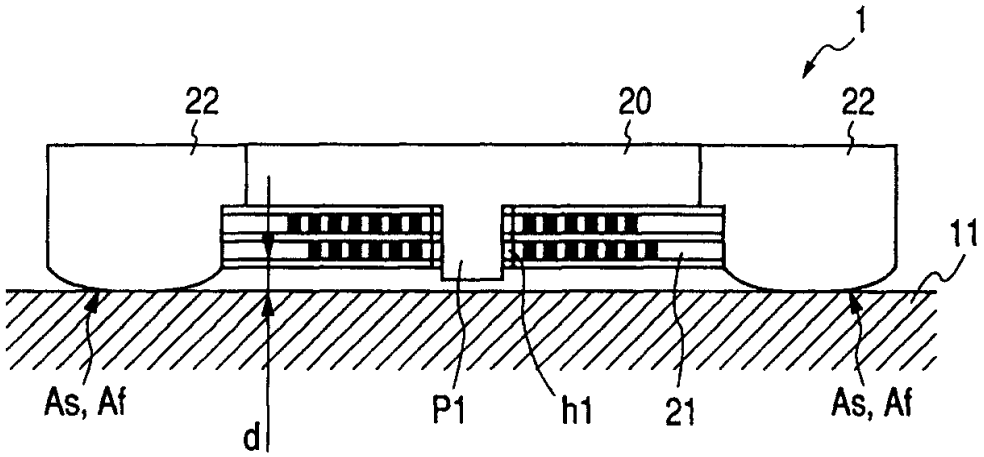


图 2A

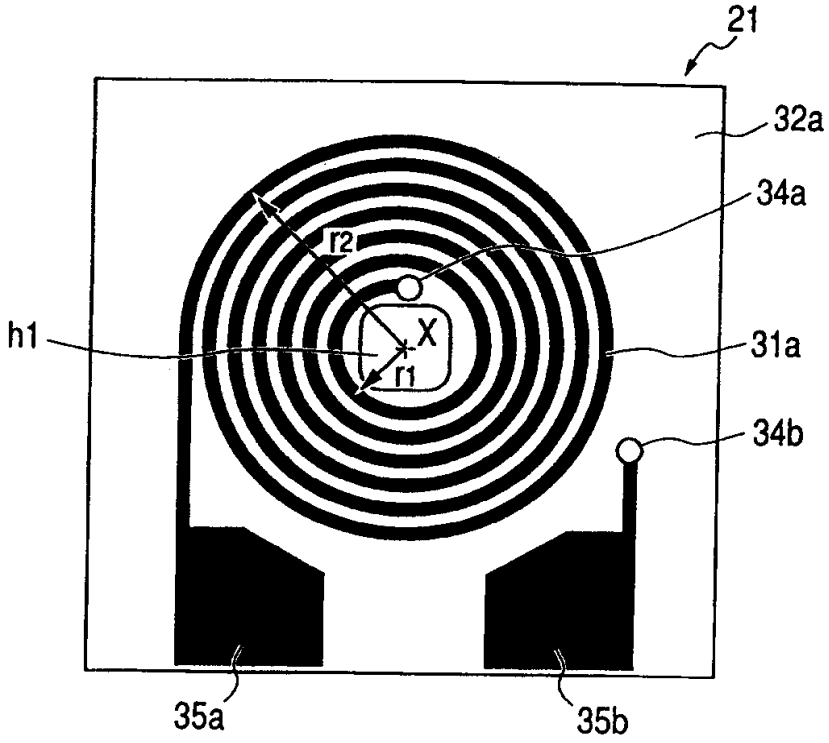

21
32a
34a
r2
h1
X
r1
31a
34b
35a
35b

图 2B

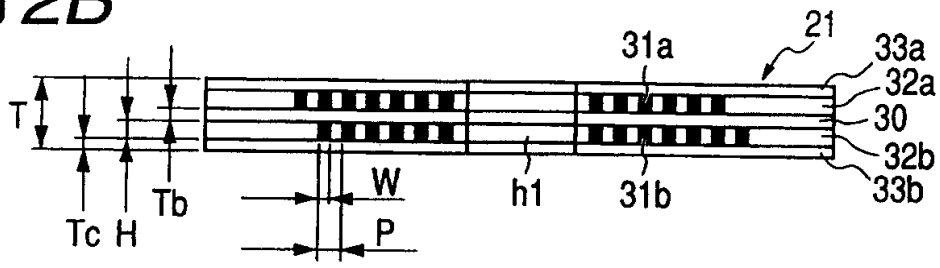
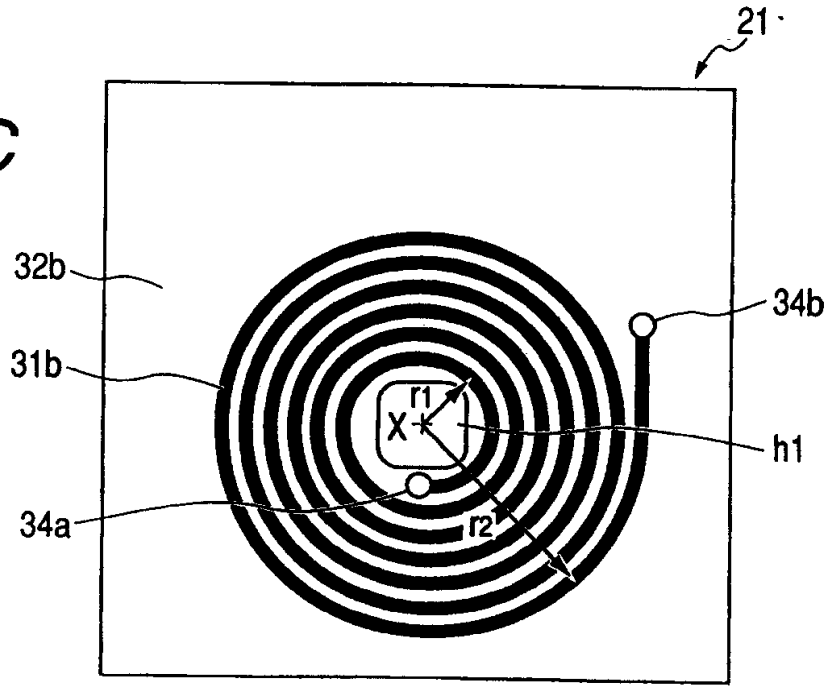

21
31a
33a
32a
30
32b
33b
T
Tc
H
Tb
W
P
h1
31b

图 2C


21
32b
34b
31b
r1
X
h1
34a
r2

00.11.07

图 3

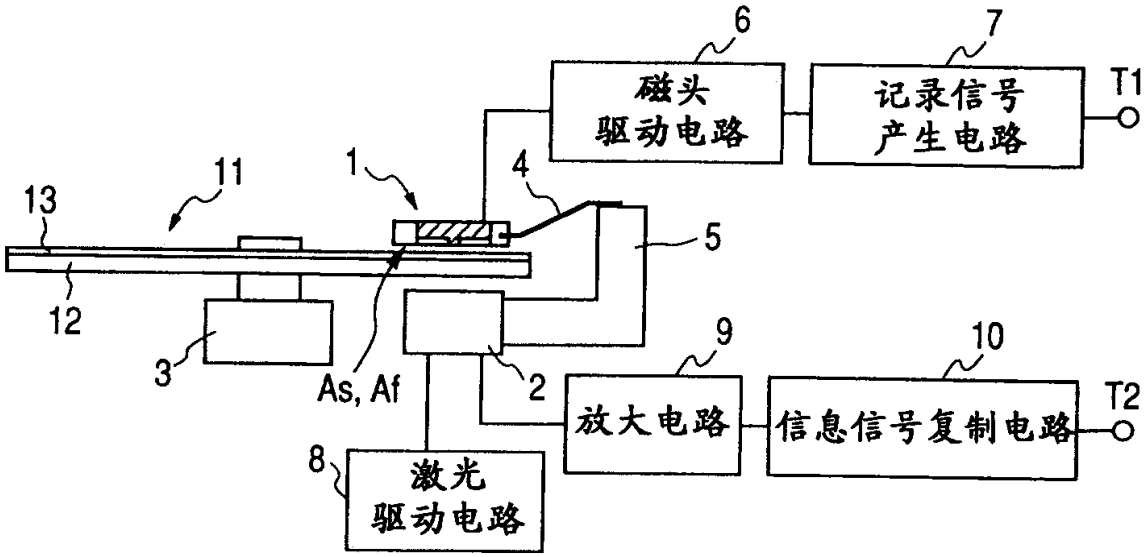

6
磁头
驱动电路
7
记录信号
产生电路
T1
11
1
4
13
5
12
3
As, Af
2
9
10
放大电路
信息信号复制电路
T2
8
激光
驱动电路

图 4

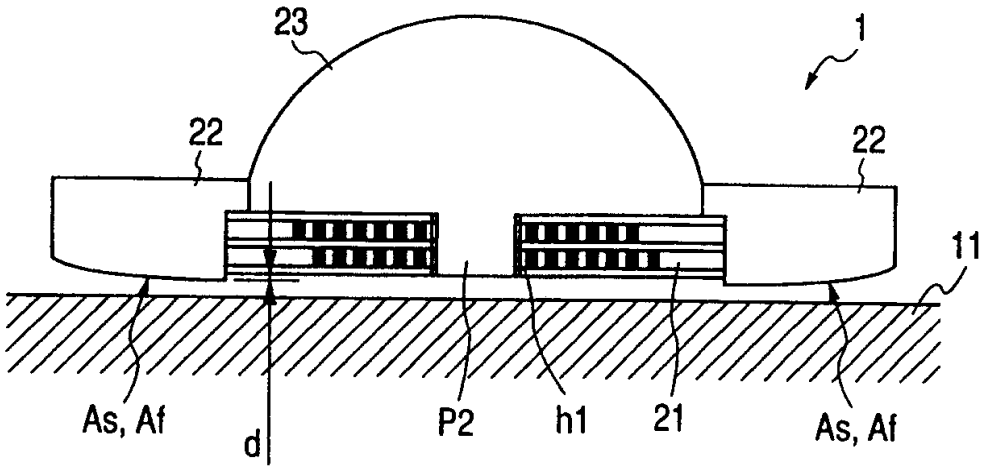

23
1
22
22
11
As, Af
d
P2
h1
21
As, Af

图 5

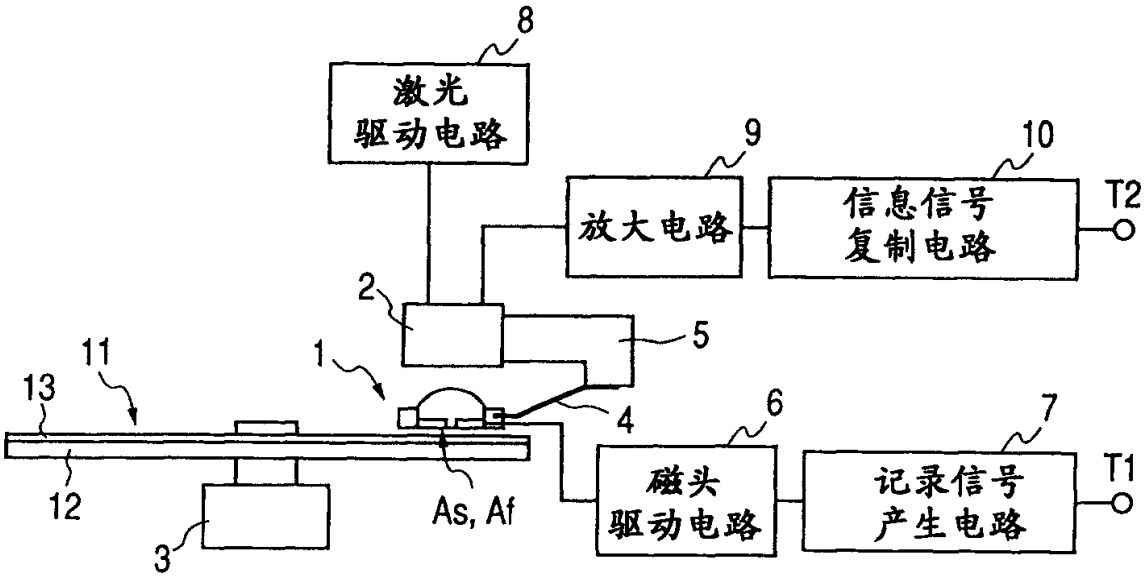
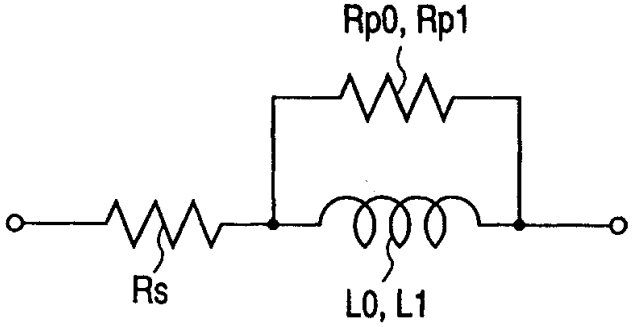

8
激光
驱动电路
9
放大电路
10
信息信号
复制电路
T2
2
5
11
1
13
4
6
7
磁头
驱动电路
记录信号
产生电路
T1
12
As, Af
3

图 6


Rp0, Rp1
Rs
L0, L1

00.11.07

图 7A



图 7B

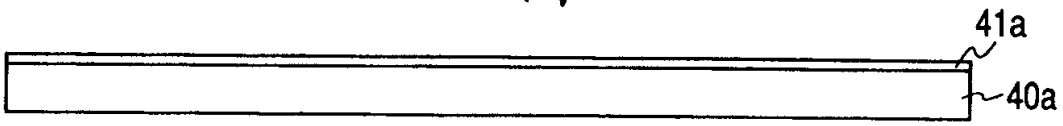


图 7C

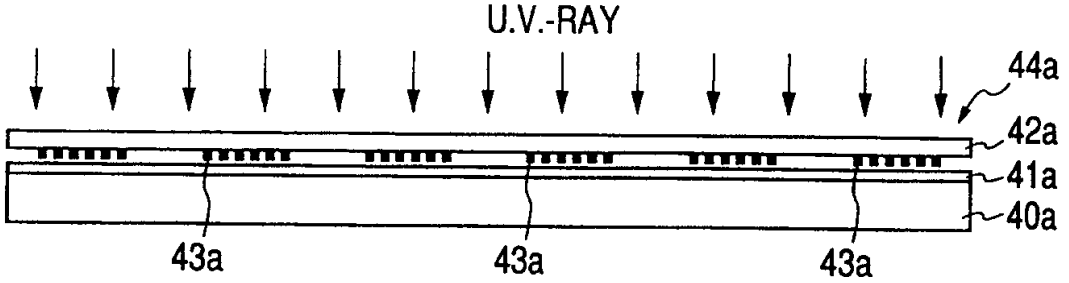


图 7D

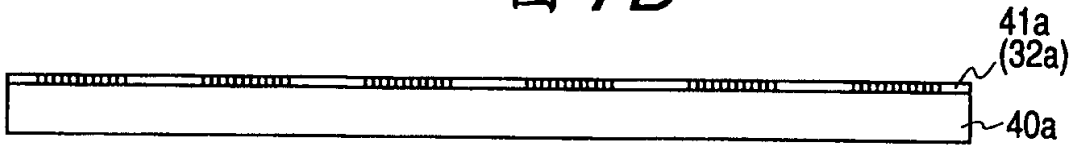


图 7E

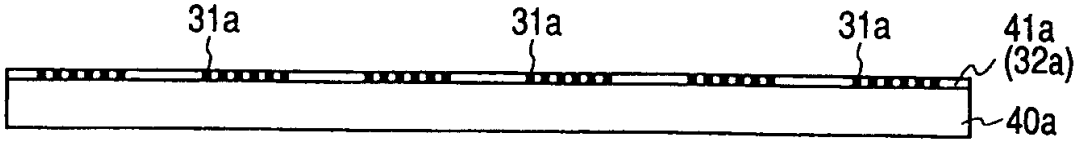


图 8F

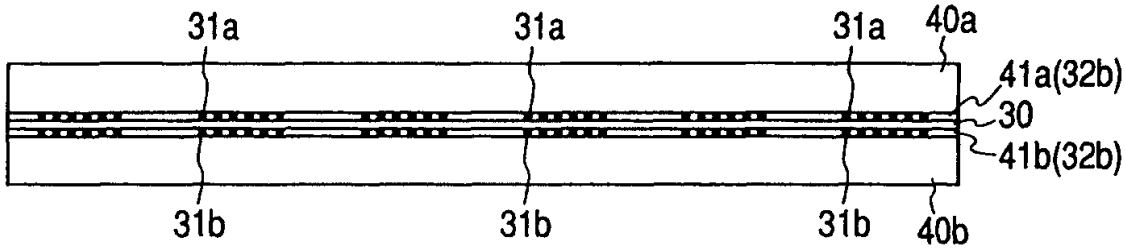


图 8G

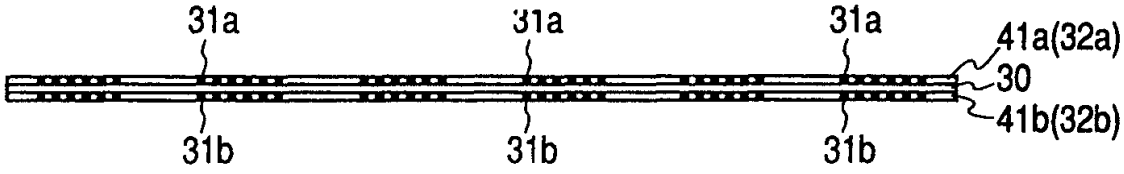


图 8H

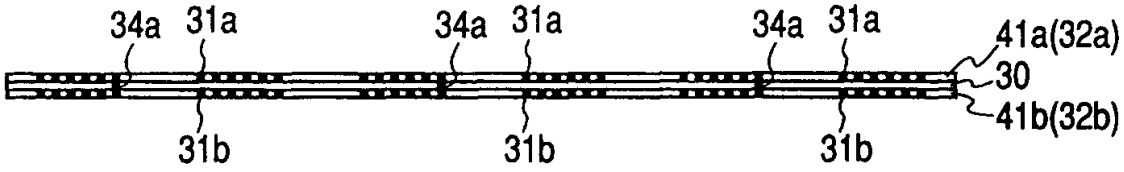


图 8I

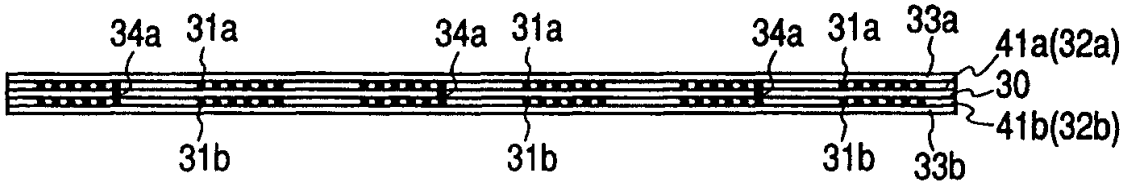
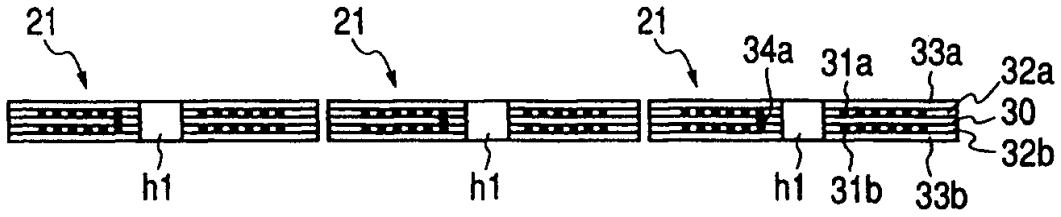


图 8J



00.11.07

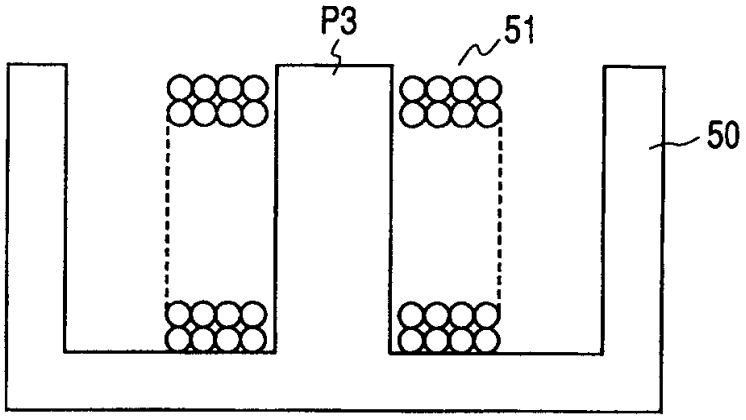


图9