



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101206865 B

(45) 授权公告日 2011.03.30

(21) 申请号 200710198842.2

审查员 张秀清

(22) 申请日 2007.12.05

(30) 优先权数据

11/634,767 2006.12.06 US

(73) 专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 高凯中 习海文 史弈明 S·毛

P·J·莱恩 S·S·薛

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 陈炜

(51) Int. Cl.

G11B 5/31 (2006.01)

G11B 5/39 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1034444 A, 1989.08.02, 全文.

CN 1828725 A, 2006.09.06, 说明书第8页第
2段-第9页倒数第2段、附图23-27.

US 6980469 B2, 2005.12.27, 全文.

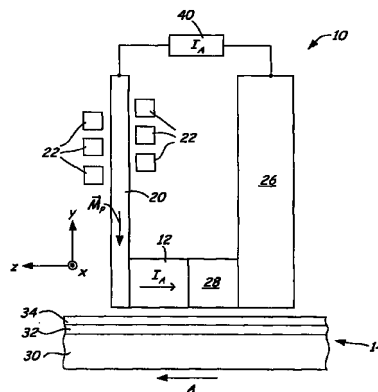
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

高频场辅助的写入装置

(57) 摘要

一种磁性写入装置,包括写入元件和靠近该写入元件设置的振荡装置。第一振荡装置包括第一磁性层、具有包括与第一磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第二磁性层。第一非磁性层设置在第一磁性层与第二磁性层之间。当垂直于第一磁性层的主平面传导电流时,第一振荡装置生成高频振荡场。



1. 一种磁性写入装置,包括:

写入元件;

靠近所述写入元件设置的第一振荡装置,其中所述第一振荡装置包括第一磁性层、具有包括与所述第一磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第二磁性层、以及设置在所述第一磁性层与所述第二磁性层之间的第一非磁性层,其中当垂直于所述第一磁性层的主平面传导电流时,所述第一振荡装置产生高频振荡场;以及

靠近所述第一振荡装置设置的第二振荡装置,所述第二振荡装置包括第三磁性层、具有包括与所述第三磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第四磁性层、以及设置在所述第三磁性层与所述第四磁性层之间的第二非磁性层,其中所述电流垂直于所述第三磁性层的主平面传导。

2. 如权利要求1所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第二振荡装置与所述第一振荡装置串联设置。

3. 如权利要求1所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第二振荡装置与所述第一振荡装置并联设置。

4. 如权利要求1所述的磁性写入装置,其特征在于,由所述第一和第二振荡装置产生的高频振荡场是锁相的。

5. 如权利要求1所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第三磁性层靠近所述第二磁性层与所述第一非磁性层相反的一侧设置,其中所述第三磁性层的磁化方向与所述第一磁性层的磁化方向基本上平行。

6. 如权利要求1所述的磁性写入装置,其特征在于,所述高频振荡场的频率与所述电流的振幅相关。

7. 如权利要求6所述的磁性写入装置,其特征在于,所述高频振荡场具有至少1.0GHz的频率。

8. 一种磁性写入装置,包括:

写入元件,用于产生穿过前表面的写入场;

靠近所述写入元件的所述前表面设置的第一振荡装置,其中所述第一振荡装置包括第一磁性层、磁化方向与所述第一磁性层的主平面基本上垂直的第二磁性层、以及设置在所述第一磁性层与所述第二磁性层之间的第一非磁性层,其中当垂直于所述第一磁性层的主平面传导电流时,所述第一振荡装置产生辅助所述写入场的高频振荡场;

靠近所述第一振荡装置设置的第二振荡装置,所述第二振荡装置包括第三磁性层、具有包括与所述第三磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第四磁性层、以及设置在所述第三磁性层与所述第四磁性层之间的第二非磁性层,其中所述电流垂直于所述第三磁性层的主平面传导。

9. 如权利要求8所述的磁性写入装置,其特征在于,所述电流是直流或者交流。

10. 如权利要求8所述的磁性写入装置,其特征在于,所述电流是交流调制的直流。

11. 如权利要求8所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第二振荡装置与所述第一振荡装置串联设置。

12. 如权利要求8所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第二振荡装置与所述第一振荡装置并联设置。

13. 如权利要求 8 所述的磁性写入装置,其特征在于,由所述第一和第二振荡装置产生的高频振荡场是锁相的。

14. 如权利要求 8 所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第三磁性层靠近所述第二磁性层与所述第一非磁性层相反的一侧设置,其中所述第三磁性层的磁化方向与所述第一磁性层的磁化方向基本上平行。

15. 如权利要求 8 所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第一和第二磁性层中的至少一个由从包含 Co、CoFe、CoFeB、NiFe 及其合金的组中选择的材料构成。

16. 如权利要求 8 所述的磁性写入装置,其特征在于,所述第一非磁性层由从包含 Cu、Ag、Au、Pt、Ag、Cr、Ru 和 Pd 的组中选择的材料构成。

17. 一种磁性写入系统,包括:

磁性介质;

靠近所述磁性介质设置的写入元件,所述写入元件产生穿过面对介质的表面的写入场;

靠近所述写入元件的所述面对介质的表面设置的第一振荡装置,其中所述第一振荡装置包括第一磁性层、磁化方向与所述第一磁性层的主平面基本上垂直的第二磁性层、以及设置在所述第一磁性层与所述第二磁性层之间的第一非磁性层,其中当垂直于所述第一磁性层的主平面传导电流时,所述第一振荡装置产生减小所述磁性介质在所述写入元件附近的矫顽力的高频振荡场;

靠近所述第一振荡装置设置的第二振荡装置,所述第二振荡装置包括第三磁性层、具有包括与所述第三磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第四磁性层、以及设置在所述第三磁性层与所述第四磁性层之间的第二非磁性层,其中所述电流垂直于所述第三磁性层的主平面传导。

18. 如权利要求 17 所述的磁性写入系统,其特征在于,所述高频振荡场的频率与所述电流的振幅相关。

19. 如权利要求 17 所述的磁性写入系统,其特征在于,还包括:

所述第三磁性层靠近所述第二磁性层与所述第一非磁性层相反的一侧设置,其中所述第三磁性层的磁化方向与所述第二磁性层的磁化方向基本上垂直。

20. 如权利要求 17 所述的磁性写入系统,其特征在于,所述第三磁性层相对于所述第一磁性层设置,以使得所述电流在垂直于所述第一和第三磁性层的主平面的方向上并联传导。

21. 如权利要求 17 所述的磁性写入系统,其特征在于,所述电流是直流或者交流。

22. 如权利要求 17 所述的磁性写入系统,其特征在于,所述电流是交流调制的直流。

高频场辅助的写入装置

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性装置,尤其涉及使用高频振荡场的磁性装置。

背景技术

[0002] 在存储介质上磁性地记录信息的两种一般化技术包括纵向记录和垂直记录。在纵向记录中,存储介质的平面中的磁化方向以存储信息的方式被改变。在垂直记录中,存储介质的磁化在垂直于介质的平面的方向上被改变。通过使磁化方向垂直于介质的平面而非平行于该平面,可以以更高的密度存储信息。

[0003] 人们一直在努力增大磁性记录的位密度。位密度是指可在给定长度、面积或体积中可向存储介质写入的位数。这种磁通翻转的尺寸涉及由磁头产生的磁性写入场的尺寸和焦点。一类常规磁头称为感应头,它使用穿过线圈的电流。这导致在磁头的单个或多个极尖处产生用于向磁性介质写入数据的磁场。

[0004] 人们还一直在努力使用具有高矫顽力的磁性存储介质。该类介质需要更强、更聚焦的写入场来印加磁通反向。一种提供更强写入场的方法是在产生磁场的写入极尖端附近纳入一个装置以减小靠近写入极的磁性介质的矫顽力。这允许数据被以来自写入极的较低磁场写入到高矫顽力介质中。然而,目前的许多这种写辅助装置的设计消耗高功率电平来生成辅助场,并且由这些辅助装置产生的辅助场的频率不易于控制。

发明内容

[0005] 本发明涉及包括写入元件以及靠近该写入元件设置的振荡装置的磁性写入装置(writer)。第一振荡装置包括第一磁性层、具有包括垂直于第一磁性层的主平面的分量的磁化矢量的第二磁性层。第一非磁性层设置在第一磁性层和第二磁性层之间。当电流与第一磁性层的主平面垂直地传导时,第一振荡装置生成高频振荡场。

附图说明

[0006] 图 1 是相对于磁性介质设置的包括写入极和用于提供写辅助场的振荡元件的磁性写入装置的侧视图。

[0007] 图 2 是用于提供高频写辅助场的振荡元件的侧视图。

[0008] 图 3 是图 2 所示振荡元件施加的电流振幅相对于转动频率的微磁模拟结果的曲线图。

[0009] 图 4 是图 2 所示振荡元件的归一化磁化相对于时间的微磁模拟结果的曲线图。

[0010] 图 5 是包括串联设置的两个振荡元件的写辅助组合件的侧视图。

[0011] 图 6 是包括与磁性自由层串联设置的振荡元件的写辅助组合件的侧视图。

[0012] 图 7 是包括并联设置的两个振荡元件的写辅助组合件的侧视图。

具体实施方式

[0013] 图 1 是包括靠近磁性介质 14 设置的写辅助装置 12 的磁性写入装置 10 的侧视图。磁性写入装置 10 包括写入极 20、导电线圈 22、和屏蔽 26。写入极 20 由写辅助装置 12 和非磁性导体 28 在磁性介质 14 的表面处连接到前屏蔽 26。导电线圈 22 环绕写入极 20 以使导电线圈 22 的线匝位于写入极 20 与屏蔽 26 之间的间隙中。

[0014] 磁性写入装置 10 被支承在磁性介质 14 的表面上方, 该磁性介质如箭头 A 所示地相对于磁性写入装置 10 移动以使得写入极 20 尾随屏蔽 26 并且被用于向磁性介质 14 物理地写入数据。导电线圈 22 环绕写入极 20 以使得当使写入电流在导电线圈 22 中流动时, 线圈中的磁动势以磁化强度 M_p 来磁化写入极 20。这导致产生了穿过写入极 20 面向介质的表面的写入场, 该写入场被用于向磁性介质 14 写入数据。与向磁性介质 14 写入的数据的状态有关的、在写入极 20 面向介质的表面处的写入场方向可基于在导电线圈 22 中流动的写入电流的方向来控制。

[0015] 仅出于示出可与本发明的写辅助装置 12 结合使用的构造的目的示出磁性写入装置 10, 且可对该设计进行变化。例如, 虽然写入极 20 包括单层磁性材料, 但是写入极 20 也可由多层磁性材料构成, 和 / 或可纳入返回极以提供双极写入装置配置。此外, 磁性写入装置 10 被配置成用于向磁性介质 14 垂直地写入数据, 但是磁性写入装置 10 和磁性介质 14 也可被配置成纵向写入数据。此外, 可在与磁性写入装置 10 相同的设备上设置靠近磁性介质 14 设置并支承在其上方的磁性读取装置。

[0016] 磁性介质 14 包括衬底 30、软底层 (SUL) 32 和介质层 34。SUL 32 设置在衬底 30 与介质层 34 之间。磁性介质 14 靠近磁性写入装置 10 定位以使得介质层 34 与 SUL 32 相反的表面面向写入极 20。在某些实施方式中, 衬底由诸如铝、基于铝的合金或玻璃的非磁性材料构成, SUL 32 由软磁性 (即高磁导率) 材料构成, 且介质层 34 由具有高垂直各向异性和高矫顽力的粒状材料构成。仅出于说明目的示出磁性介质 14, 并且它可以是可与磁性写入装置 10 结合使用的任何类型的介质, 诸如复合介质、连续 / 粒状耦合 (CGC) 介质、离散轨道介质和位图案化介质。

[0017] SUL 32 位于磁性介质 14 的介质层 34 下方并增强由写入极 20 产生的写入场的振幅。写入场的图像在 SUL 32 中产生以增强在磁性介质 14 中产生的场强。由于来自写入极 20 的写入场穿过介质层 34, 因此介质层 34 被垂直于介质平面磁化以基于写入场方向存储数据。从写入极 20 发散到 SUL 32 中的磁通密度通过返回极 26 返回。设置屏蔽 26 以限制磁性写入装置 10 对附近磁性装置 (例如磁性读取装置) 的影响。

[0018] 为了用较低的写入场向磁性介质 14 的高矫顽力介质层 34 写入数据, 可在磁性介质 14 处靠近写入极 20 的地方生成高频写辅助场。根据 Stoner-Wohlfarth 模型, 介质层 34 中的均匀磁化晶粒的翻转场 (switching field) 限制可表达为:

$$[0019] \quad h_{sw}(\theta) = \frac{1}{(\cos^{2/3}(\theta) + \sin^{2/3}(\theta))^{3/2}} \quad (\text{式 } 1),$$

[0020] 其中 h_{sw} 是翻转介质层 34 中晶粒的磁化方向所需的写入场, 且 θ 是相对于介质层 34 的晶粒的易轴 (easy axis) 各向异性的写入场角度。在接近垂直写入场的角度, 在晶粒介质层 34 中施加磁化反转所需的写入场仅仅稍小于易轴各向异性场。因此, 对于高矫顽力介质, 反转所需的写入场可能很高。然而, 研究显示当在磁性介质 14 处产生高频场时, 施加

晶粒磁化反转所需的场被显著减小到 Stoner-Wohlfarth 模型所预言的场以下。从而,介质层 34 的矫顽力可通过在介质层 34 中在由写入极 20 在磁性介质 14 中产生的写入场附近的地方产生高频场得以减小。

[0021] 为了产生高频场,靠近写入极 20 和磁性介质 14 设置写辅助装置 12。虽然写辅助装置 12 被示为靠近写入极 20 的前导沿设置,但是写辅助装置 12 也可靠近写入极 20 的拖尾沿设置。写辅助电流源 40 连接于写入极 20 和屏蔽 26,它们还作为电极以将写辅助电流 I_A 输送到写辅助装置 12。在替换实施方式中,写辅助电流源 40 连接于将写辅助电流 I_A 输送到写辅助装置 12 的专用电极。写辅助电流 I_A 可以是例如交流、直流、或交流调制的直流。写辅助装置 12 代表了根据本发明用于产生高频写辅助场的结构的全部实施方式。如本文更详细描述,当垂直于构成写辅助装置 12 的各层的主平面(即 x-y 平面)施加写辅助电流 I_A 时,由写辅助装置 12 产生频率是写辅助电流 I_A 振幅的函数的磁场。写入场与由写辅助装置 12 产生的磁场的组合克服了介质层 40 的高矫顽力,从而允许向磁性介质 14 受控地写入数据。

[0022] 图 2 是用于提供高频写辅助场的振荡元件 50 的侧视图。振荡元件 50 是可用于写辅助装置 12 的结构示例。振荡元件 50 包括第一磁性层 52、非磁性层 54 和第二磁性层 56。垂直于构成振荡元件 50 的各层的主平面(即 x-y 平面)施加写辅助电流 I_A 。第一磁性层 52 和第二磁性层 56 可由诸如 Co、CoFe、CoFeB、NiFe 及其合金等的材料制成。非磁性层 54 可由诸如 Cu、Ag、Au、Pt、Ag、Cr、Ru 和 Pd 等的材料制成。

[0023] 第一磁性层 52 具有与第一磁性层 52 的主平面基本上平行的无偏状态的磁化 58。磁化 58 能够绕第一磁场 52 的主平面(即 x-y 平面)360° 自由转动,因此,第一磁性层 52 称为磁性自由层。第二磁性层 56 具有与无偏状态的磁化 58 基本上垂直的磁化 60。磁化 60 被保持或锁定在所示方向,因此第二磁性层 56 可称为磁性锁定或固定层。在实际实现中,磁化 58 可具有从与 z-轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性方向且磁化 60 可具有从与 y-轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性方向,而不会显著影响振荡元件 50 的操作。磁化 60 可由第二磁性层 56 的高垂直各向异性或大厚度来锁定。。或者,磁化 60 可用诸如永磁体或合成反铁磁体等的外部偏置结构来锁定。非磁性层 54 可以在第一磁性层 52 与第二磁性层 56 之间传输写辅助电流 I_A 的导电材料或金属氧化物。

[0024] 当写辅助电流 I_A 垂直于第一磁性层 52 和第二磁性层 56 传导时,磁化 58 绕 z-轴转动。这是由于自旋传递效应,其中写辅助电流 I_A 将自旋角动量从第二磁性层 56 传递到第一磁性层 52,由此诱使第一磁性层 52 中的磁化 58 的旋进。由于磁阻效应,该旋进产生微波范围的电压,并且在平衡状态下,第一磁性层 52 正下方(即第一磁性层 52 面向磁性介质 14 的表面处)的磁化均匀旋进并产生磁场。振荡元件 50 旋进的频率是写辅助电流 I_A 振幅的函数。

[0025] 图 3 是振荡元件 50 中写辅助电流 I_A 的振幅相对于磁化 58 的转动频率 F_{osc} 的微磁模拟结果的曲线图。该曲线图包括跨若干数据点的最佳拟合线 70,该拟合线给出了跨写辅助电流 I_A 的振幅范围的转动频率 F_{osc} 的估计。对于振幅小于约 8.0mA 的写辅助电流 I_A ,振荡频率 F_{osc} 随振幅增大仅仅稍微增大。然而,对于振幅大于约 8.0mA 的写辅助电流 I_A ,振荡频率 f_{osc} 随振幅增大以高得多的速率增大。因此,高频振荡场可由振荡元件 50 以低电流密度来生成。此外,振荡频率 f_{osc} 可通过调节写辅助电流 I_A 的振幅来精确地调谐。这允许基于介质层 34 的矫顽力所需变化来选择性调谐由振荡元件 50 产生的写辅助场。

[0026] 图 4 是振荡元件 50 的归一化磁化 M/M_s 相对于时间的微磁模拟结果的曲线图。归一化磁化 M/M_s 是第一磁场 52 的磁化 58 (M) 除以饱和磁化 M_s 的数值。此曲线图标绘出了从将写辅助电流 I_A 施加到振荡元件 50 (0.0ns) 到第一磁性层 52 的磁化 58 接近稳态条件 (~ 2.0 ns) 第一磁性层 52 的响应。线 80 示出第一磁性层 52 在 x 方向上的归一化磁化, 线 82 示出第一磁性层 52 在 y 方向上的归一化磁化, 且线 84 示出第一磁性层 52 在 z 方向上的归一化磁化。可以看出, 第一磁性层 52 中的磁畴旋进导致磁化 58 在 x-y 平面中转动。当归一化磁化稳定或平稳在恒定值时, 第一磁性层 52 中磁化 58 达到平衡或稳定状态。此时, 磁化 58 的振荡基本上在 x-y 平面中以单一频率 (对于所模拟的装置约为 10GHz) 发生, 这在振荡元件 50 的周围形成该频率的 AC 场。第二磁性层 56 的磁化 60 也可转动并形成振幅比第一磁性层 52 所产生的振幅小的 AC 场。由第一磁性层 52 和第二磁性层 56 产生的 AC 场被用于减小写入极 20 附近介质层 34 的矫顽力。

[0027] 根据本发明, 振荡元件 50 是用于产生高频振荡场的核心结构, 并且振荡元件 50 可配置成其它结构以提供具有不同特性的写辅助组合件。例如, 图 5、6 和 7 示出包括可用于图 1 所示写辅助装置 12 的多个磁性自由层的写辅助组合件的不同实施方式。

[0028] 图 5 是包括由非磁性隔层 85 连接的第一振荡元件 82 和第二振荡元件 84 的写辅助组合件 80 的侧视图。第一振荡元件 82 和第二振荡元件 84 彼此相对设置, 以使得写辅助电流 I_A 串行地传输穿过写辅助组合件 80。第一振荡元件 82 包括第一磁性层 86、非磁性层 88 和第二磁性层 90, 而第二振荡元件 84 包括第三磁性层 92、非磁性层 94 和第四磁性层 96。第一磁性层 86 和第三磁性层 92 是自由层, 而第二磁性层 90 和第四磁性层 96 是锁定层。第二磁性层 90 和第四磁性层 96 的磁化因其在这些层的 z 方向上较大的厚度而由这些层的高垂直各向异性锁定, 或者用诸如永磁体或合成反铁磁体等的外部偏置结构锁定。在实际实现中, 第一磁性层 86 和第三磁性层 92 可具有从与 z 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向, 且第二磁性层 90 和第四磁性层 96 可具有从与 y 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向, 而不会显著影响写辅助组合件 80 的操作。

[0029] 图 6 是包括振荡元件 102 (包括第一磁性层 104、非磁性层 106 和第二磁性层 108)、非磁性隔层 110 和第三磁性层 112 的写辅助组合件 100 的侧视图。振荡元件 102 和第三磁性层 112 彼此相对设置, 以使得写辅助电流 I_A 串行地传输通过写辅助组合件 100。第一磁性层 104 和第三磁性层 112 是自由层, 而第二磁性层 108 是锁定层。第二磁性层 108 的磁化可因其在此层的 z 方向上较大厚度而由该层的高垂直各向异性锁定, 或者用诸如永磁体或合成反铁磁体等的外部偏置结构锁定。在实际实现中, 第一磁性层 104 和第三磁性层 112 可具有从与 z 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向, 且第二磁性层 108 可具有从与 y 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向, 而不会显著影响写辅助组合件 100 的操作。

[0030] 图 7 是包括由非导电隔层 125 分隔的第一振荡元件 122 和第二振荡 124 的写辅助组合件 120 的侧视图。第一振荡元件 122 包括第一磁性层 126、非磁性层 128 和第二磁性层 130, 而第二振荡元件 124 包括第三磁性层 132、非磁性层 134 和第四磁性层 136。第一磁性层 126 和第三磁性层 132 是自由层, 而第二磁性层 130 和第四磁性层 136 是锁定层。第二磁性层 130 和第四磁性层 136 的磁化可因其在这些层的 z 方向上较大的厚度而由这些层的高垂直各向异性锁定, 或者用诸如永磁体或合成反铁磁体等的外部偏置结构锁定。在实际

实现中,第一磁性层 126 和第三磁性层 132 可具有从与 x 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向,且第二磁性层 130 和第四磁性层 136 可具有从与 y 轴平行的方向偏离多达 20° 的各向异性磁化方向,而不会显著影响写辅助组合件 120 的操作。

[0031] 写辅助组合件 120 被配置成使得写辅助电流 I_A 并联地跨第一振荡元件 122 和第二振荡元件 124 传输。这可通过例如将写辅助组合件 120 的自由层端连接到写入极 20 并将写辅助组合件 120 的锁定层端经由非磁性导体 28 连接到屏蔽 26 来实现。替换地,写辅助电流 I_A 可由从写辅助电流源 40 并联连接到第一振荡元件 122 和第二振荡元件 124 的每一个的专用电流电极来传输。在图 7 中,由层 132、134 和 136 限定的边缘表面面向磁性介质 14。

[0032] 当写辅助电流 I_A 被垂直地传导通过写辅助组合件 80、100 和 120 时,写辅助组合件的各自由层类似于关于图 2 所描述的第一磁性层 52 地作出响应。特别地,各自由层的磁化因自旋传递效应而绕 z 轴转动,其中写辅助电流 I_A 将自旋角动量从锁定层传递到自由层,由此诱使自由层磁化旋进。旋进的频率是写辅助电流 I_A 振幅的函数。

[0033] 当写辅助电流 I_A 穿过写辅助组合件 80、100 或 120 时,每一自由层以与关于该组合件中其它(各)自由层基本上类似的转动频率来作出响应。然而,每个自由层的转动频率可能与组合件中其它自由层异相。随着自由层稳定在其稳态转动频率上,由每个自由层产生的退磁场或交换耦合与写辅助组合件中的其它自由层相互作用。该相互作用诱导该写辅助组合件中的自由层转动频率彼此锁相或同步,这是相互作用的非线性振荡器系统的一般趋势。锁相状态下的写辅助组合件 80、100 和 120 的组合功率是各个振荡自由层的单独功率之和。因此,附加自由层或包括自由层的附加振荡元件的纳入造成由写辅助组合件输出的 AC 场增大。结果,写辅助场的强度可在不需要写辅助电流 I_A 振幅增大的情况下增大,由此减小整个系统的功耗。

[0034] 总而言之,本发明涉及一种包括写入元件和靠近该写入元件设置的振荡装置的磁性写入装置。第一振荡装置包括第一磁性层、具有包括与第一磁性层的主平面垂直的分量的磁化矢量的第二磁性层。第一非磁性层设置在第一磁性层与第二磁性层之间。当在垂直于第一磁性层的主平面传导电流时,第一振荡装置产生高频振荡场。高频振荡装置以低电流密度生成很大的高频振荡场,且该振荡可通过改变所施加的电流密度来调谐。此外,该装置可被配置成生成锁相场以在写入过程中提供能量转移速率上提高效率以及高度可控的振荡频率。

[0035] 虽然参考了优选实施方式来描述本发明,但是本领域技术人员应该意识到,可在形式上和细节上进行变化而不会背离本发明的精神和范围。

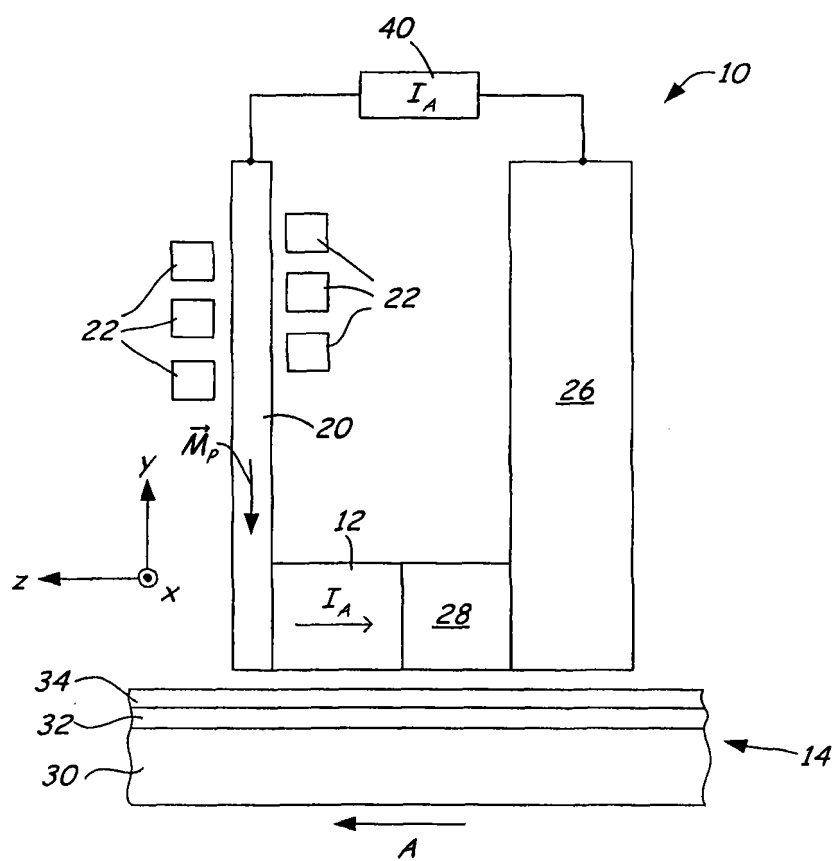


图 1

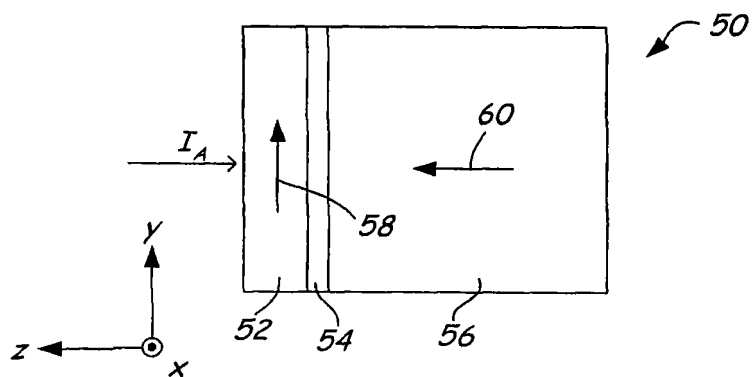


图 2

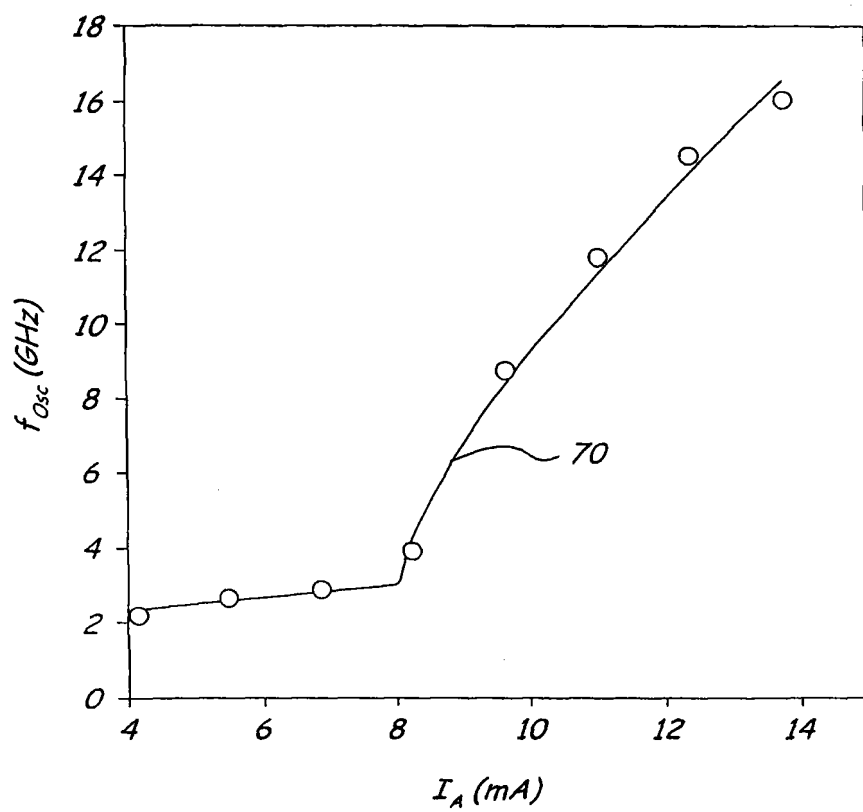


图 3

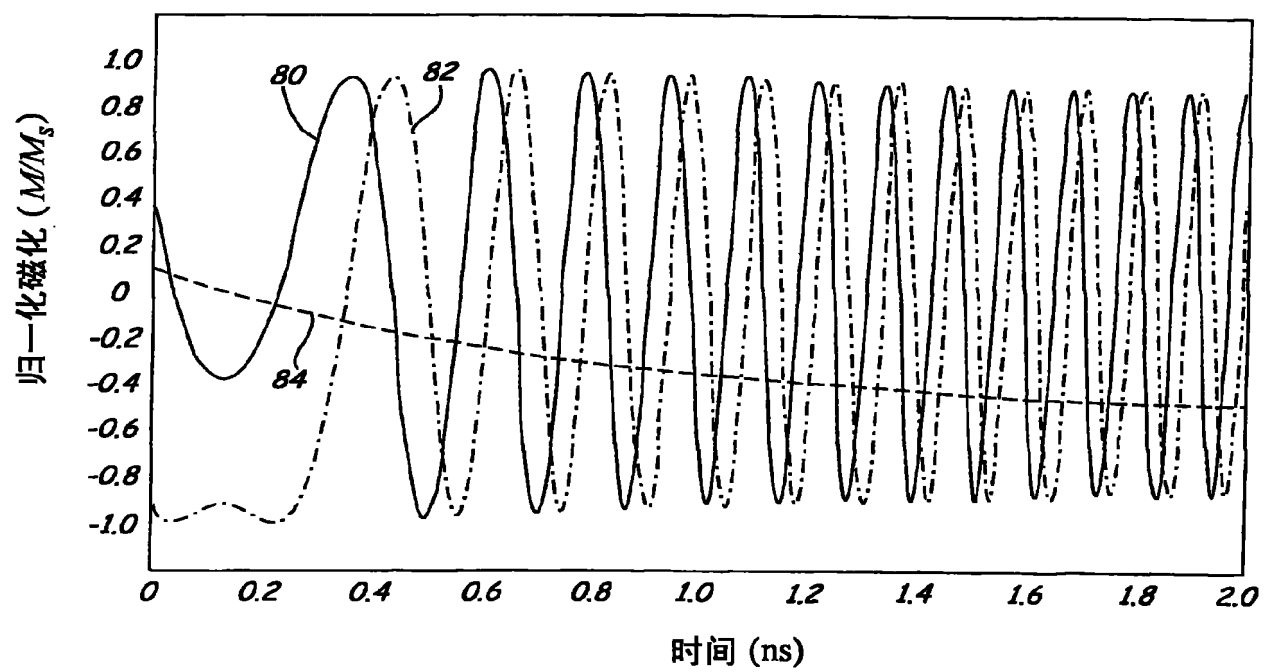


图 4

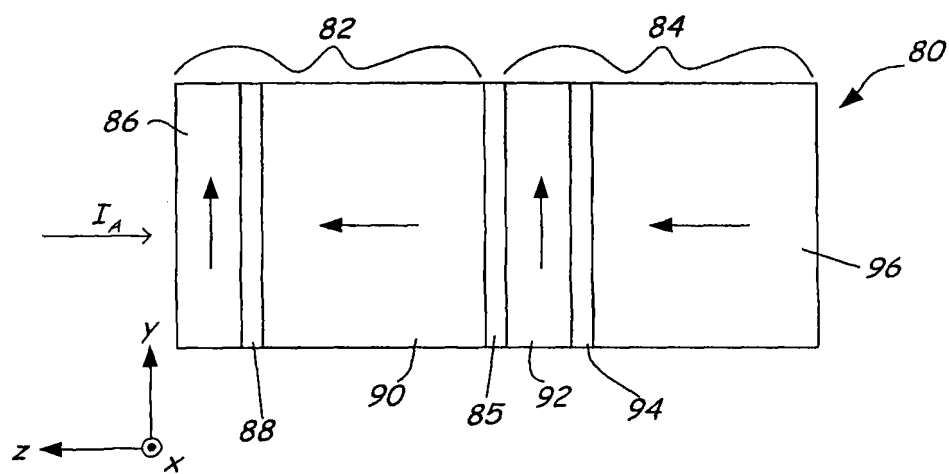


图 5

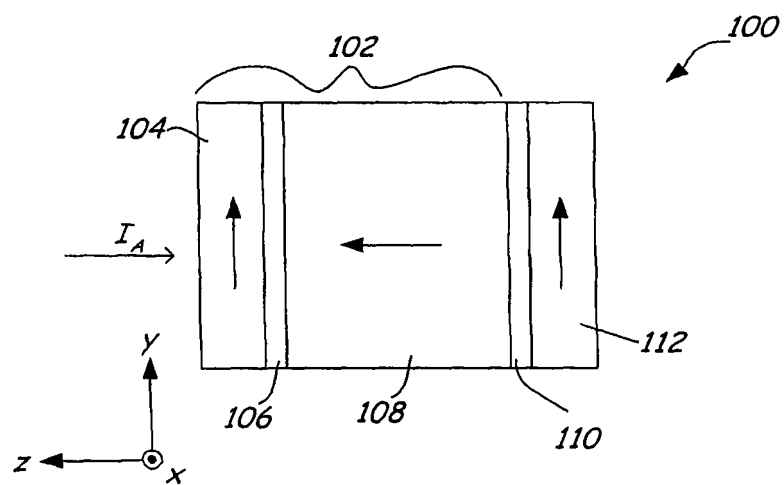


图 6

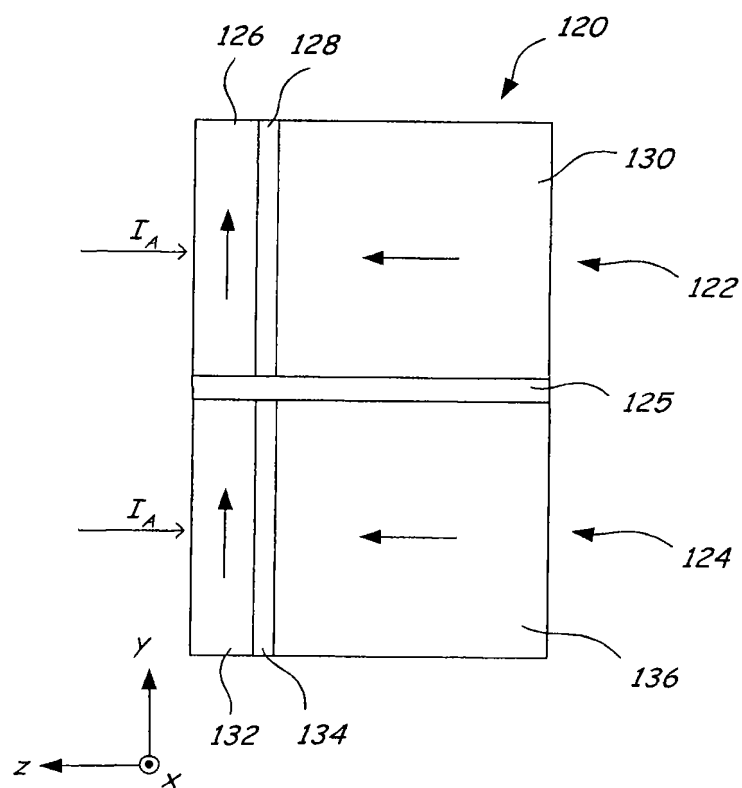


图 7