

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 5/39

G01R 33/09

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94103797.5

[45] 授权公告日 2001 年 5 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1066277C

[22] 申请日 1994.3.30 [24] 颁证日 2001.3.1

[21] 申请号 94103797.5

[30] 优先权

[32] 1993.4.30 [33] US [31] 056003

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 瑞德纳·T·宏德森

保尔·M·马克思

维克多·L·莫鲁兹

[56] 参考文献

JP 平 1-251303A 1989.10.6 G—1B5/127

PHYS. REV. EW B V46. NO. 21 1992. 12. 1 V. 2.

Moruzzi and p. M. Marcus Giant magnetoresistance in
Fern: A natural magnetic multilayer

审查员 张 景

[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

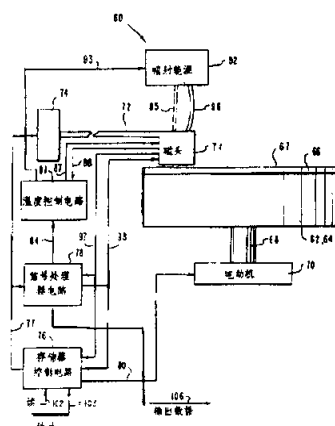
代理人 马 浩

权利要求书 5 页 说明书 12 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 用来探测磁场的装置和方法

[57] 摘要

描述了一种用来探测磁场的装置和方法,包括一种当施加磁场时从反铁磁有序转变成铁磁有序的材料,而且该材料是 FeRh、FeRu、FePd 或 MnPt;一个用来控制该材料温度的加热元件,以及一个用来检测该材料的电阻变化以便确定该材料何时铁磁有序的电流源。本发明可克服那种仅在铁磁有序态工作的磁致电阻传感器的电阻变化小的问题。



ISSN 1008-4274

[illegible]

一种由至少一种磁性原子及至少一种非磁性原子组成的材料，该材料具有临界磁场 H_{cr} ，

在要探测的所述材料四周的所述磁场低于临界磁场 H_{cr} 的第一时间，所述磁性原子在比所述材料的相变温度 T_{cr} 低的某温度下与所有最邻近的磁性原子成反铁磁性匹配，

其特征在于该装置包括:

用来测定所述材料是否铁磁有序的第二装置,

用来生成指示所述材料跨电压的信号的第四装置。

3. 如权利要求1所述的装置, 其特征在于所述材料是

[illegible]

5. 如权利要求1所述的装置, 其特征在于所述预定温度比所述相变温度低小于 $0.1K$ 。

7. 如权利要求1所述的装置, 其特征在于所述材料是 *MnPt*。

9. 如权利要求1所述的装置, 其特征在于所述材料从 $MnPt$ 和 $FePd$ 组成的体系中选择。

一个在其上含有所述磁性层的磁盘，所述磁性层材料具有临界磁场 H_{cr} ，

一个设置成截取发自或返回所述磁性层的磁通的用来生成指示存储在所述磁性层中的数据信号的磁头，所述磁头包含一种由至少一种磁性原子及至少一种非磁性原子组成的材料，

所述磁性原子规则地排列于被所述非磁性原子散布的晶体中，

在要探测的所述材料四周的所述磁场低于临界磁场 H_{cr} 的第一时间，所述磁性原子在比所述材料的相变温度 T_{cr} 低的某温度下与所有最邻近的磁性原子成反铁磁性匹配，

在要探测的所述磁场高于临界磁场 H_{cr} 的第二时间，所述材料的所述磁性原子在比所述材料的相变温度 T_{cr} 低的所述某温度下变成铁磁有序，

其特征在於該存儲器系統包括：

用来把所述材料的温度控制在其相变温度 T_{cr} 附近的第一装置,

用来测定所述材料是否铁磁有序的第二装置,

包含在第二装置中的用来使电流通过所述材料的第三装置, 以及

用来生成指示所述材料跨电压的信号的第四装置。

11. 如权利要求10所述的存储器系统, 其特征在于所述材料是 $FeRh$ 。

12. 如权利要求10所述的存储器系统, 其特征在于所述第一装置包括用来把所述材料的温度 T 控制在 $T \pm 0.1$ 开尔文的范围内的装置。

13. 如权利要求10所述的存储器系统, 其特征在于所述磁性原子从Mn、Fe、Co和Ni组成的体系中选择。

14. 如权利要求10所述的存储器系统, 其特征在于所述材

料是 $MnPt$ 。

15. 如权利要求10所述的存储器系统，其特征在于所述材料是 $FeRu$ 。

16. 如权利要求10所述的存储器系统，其特征在于所述材料是 $MnPt$ 和 $FePd$ 组成的组中选择。

17. 如权利要求10所述的存储器系统，其特征在于所述温度比所述相变温度小于低 $0.1K$ 。

18. 如权利要求10所述的存储器系统，其特征在于还包含一个用来支撑所述材料的磁头罩，所述磁头罩适合与滑块连接。

19. 一种用来探测磁场的方法，该方法包括下列步骤：

选择一种由至少一种磁性原子及至少一种非磁性原子组成的材料，该材料具有临界磁场 H_{cr} ，

所述磁性原子规则地排列于被所述非磁性原子散布的晶体中，

在要探测的所述材料四周的所述磁场低于临界磁场 H_{cr} 的第一时间，所述磁性原子在比所述材料的相变温度 T_{cr} 低的某温度下与所有最邻近的磁性原子成反铁磁性匹配，

在要探测的所述磁场高于临界磁场 H_{cr} 的第二时间，所述材料的所述磁性原子比所述材料的相变温度 T_{cr} 低的所述某温度下变成铁磁有序，

其特征在于该方法还包括下列步骤：

把所述材料的温度控制在其相变温度 T_{cr} 附近，以及

测定所述材料是否铁磁有序，

其中所述测定步骤还包括使电流通过所述材料，以及生成指示所述材料跨电压的信号步骤。

20. 如权利要求19所述的方法，其特征在于该方法还包括把所述材料设置在用来从存储系统的磁性存储媒体中检索数据的磁头里的步骤。

21. 如权利要求19所述的方法，其特征在于所述控制步骤包括把所述材料的温度 T 控制在 $T \pm 0.1$ 开尔文的范围内的步骤。

22. 如权利要求19所述的方法，其特征在于所述控制步骤包括，选择一个比所述材料的相变温度 T_c 低小于 $0.1K$ 的温度的步骤。

23. 如权利要求19所述的方法，其特征在于所述选择材料的步骤包括，选择一种含有从 Mn 、 Fe 、 Co 和 Ni 组成的组中选择的磁性原子的材料的步骤。

24. 如权利要求19所述的方法，其特征在于所述选择材料的步骤，从 $FeRh$ 、 $FeRu$ 、 $FePd$ 和 $MnPt$ 组成的组中选择一种材料的步骤。

说明书

用来探测磁场的装置和方法

本发明涉及用来探测磁场的传感器,更确切地说涉及利用某种金属化合物在磁场中经历从反铁磁态到铁磁态的电子相变而当磁场去除时又经历相反的电子相变,并相应地具有“巨大磁致电阻效应”的磁致电阻传感器。

磁致电阻器件在磁场变化时对通过它的电流呈现出电阻的变化。一般来说,用两层铁磁性材料来形成一个磁致电阻器件,而且其中被磁致电阻器件截取的磁场超过一层的矫顽力以便在一层中提供磁化方向的改变。磁致电阻器件已经用来探测来自磁带和直接存取存储器件(DASD)的磁场。例如,在连接于 DASD 中的滑块的磁头里设置一个磁致电阻器件。磁头设在旋转磁盘的磁性层上方,并探测发自磁性层的指示其中所存数据的磁场。磁致电阻器件的一些实例在 1984 年 10 月 9 日授予 J. A. Aboaf 等人的美国专利第 4,476,454 号中描述,该专利描述了利用表现出电阻率效应的负($\Delta\rho$)变化的磁致电阻材料的器件和电路。一种当磁场处于 20 至 120Oe 范围时表现出 $\Delta\rho=9$ 的较新的磁致电阻器件在 1992 年 10 月 27 日授予 B. Dieny 等人的题为“基于自旋阀效应的磁致电阻传感器”的美国专利第 5,159,513 中得以描述。

虽然 9% 的电阻率变化似乎很大了,但是工业上需要有在较低的磁场中呈现大于 9% 的电阻率变化的磁致电阻器件。

某些磁致电阻器件已经利用一个反铁磁性层来在铁磁性层中提供纵向交换偏置。该交换偏置只是固定铁磁性层中的磁化方向。一种这样的器件在 1991 年 5 月 7 日授予 S. P. Parkin 等人的美国专利第 5,014,147 号中描述,该装置使用一种 $Fe_{(1-x)}Mn_x$ 合金作反铁磁性层,其中 x 在 0.3 至 0.4 范围内。

已经公知某些金属化合物经历从反铁磁性 (AF) 向铁磁性 (FM) 的磁性相变,这种金属化合物已在自然界中发现并在实验室中制造或配制。一种这样的金属化合物是铁铈 (FeRh)。铁铈在约 340K 下经历从反铁磁性到铁磁性的相变。一种铁铈的比容的急剧增大伴随着相变。已经公布,铁铈的相变温度可以通过施加磁场 H_{cr} 来降低,以及该相变温度可以通过施加正压力 P_{cr} 来提高。J. S. Kouvel 和 C. C. Harteluis 对天然多晶体 FeRh 试样的实验 (见应用物理, Vol. 33 补充本, 1343 (1962)) 表明,当它加热而完成磁性相变时,其电阻率下降 30%。

铁—铈薄膜及其合金在磁性记录上的应用在 1971 年 9 月 21 日授予 J. M. Lommel 的美国专利第 3,607,460 号中描述。在该专利中,用一个电子束把该薄膜的一些单个区域加热,使它们完成到铁磁态的第一级相变,随后让这些区域冷却到一个偏磁温度,该温度稍高于返回反铁磁态的相变温度。然后向整个薄膜施加一个磁场以便

仅磁化薄膜中处于铁磁态的那些区域，并通过常规的电子束显微术实现所记录信息的读出。通过把薄膜冷却到低于转向反铁磁态的相变温度或通过向薄膜施加张力，可以消除薄膜的铁磁性。

按照本发明，描述一种用来探测磁场的装置和方法，包括由至少一种如 *Fe* 之类的磁性原子或离子和至少一种如 *Rh*、*Ru* 或 *Pd* 之类的非磁性原子或离子组成的材料，磁性原子或离子规则地排列于一种被非磁性原子或离子所散布的晶体中，在要被探测的所加磁场低于第一预定值的第一时间，磁性原子或离子与所有最邻近的磁性原子或离子呈反铁磁性匹配，而在要被探测的磁场超过第二预定值的第二时间，磁性原子或离子变成铁磁有序；一个耦合于加热元件的用来把材料温度控制在预定温度范围内的温度控制电路；以及一个用来使电流通过材料以便测定材料成为铁磁有序的时间的电流源。

本发明还提供一种磁头/磁盘组件的磁头中的磁致电阻传感器，该传感器包含一种由 *FeRh* 组成的材料，其具有适于定位于磁盘表面附近的表面；一个耦合于加热元件的用来把材料温度控制在预定温度范围内的温度控制电路；一个用来使电流通过材料的电流源；以及一个用来响应于材料上的电压而生成所存数据指示信号的数据电路。

本发明的这些和其他特征、目的和优点将在对照附图阅读时，通过本发明的以下详细描述和思考而得显而易见，附图中：

图 1 是有序化的 $FeRh$ 的 II 型反铁磁自旋结构的示意图；

图 2 是 $FeRh$ 的计算总能量 E 与总磁矩 M 的关系曲线图；

图 3 是基于计算的 $FeRh$ 的外加磁场 H 与总磁矩 M 的关系曲线图；

图 4 是基于计算的 $FeRh$ 材料的磁化强度 M 与外加磁场 H 的关系曲线图；

图 5 是 $FeRh$ 的临界磁场 H_{cr} 与温度的关系曲线图；

图 6 是本发明的一个实施例；

图 7 是实施本发明的磁头和磁盘的局部放大图。

现在参见附图，图 1 画出有序化的 $FeRh$ 的 II 型反铁磁自旋结构的示意图。应该指出，如图 1 所示， $FeRh$ 是自然产生的，含有由非磁性铯原子的单原子层 13 和 15 隔开的磁性铁的单原子层 12、14 和 16。单原子层 12 至 16 在与 $CsCl$ 型单位晶胞对应的 (100) 方向叠合，该单位晶胞，久已公知，表现出从反铁磁有序到铁磁有序的转变。 $FeRh$ 的一个单位晶胞 17 在层 12 中用虚线 21 表示，该虚线穿过单位晶胞 17 角上的四个 Fe 原子。每个角上的 Fe 原子向单位晶胞提供八分之一一个原子。在层 14 中，单位晶胞穿过直接处在虚线 21 的投影之下的单位晶胞 17 边上的四个 Fe 原子。每个边原子向单位晶胞 17 提供四分之一一个原子。层 16 是单位晶胞 17 的最低层，在四个角上各有一个 Fe 原子，该原子从每个角向单位晶胞提供八分之一一个原子。于是，层 12 提供一又二分之一一个 Fe 原子，层 14 提供两

个 *Fe* 原子,而层 16 提供一又二分之一一个 *Fe* 原子,总共 4 个 *Fe* 原子。层 13 和 15 在单位晶胞 17 的各个面上各有 4 个 *Rh* 原子。每个面上的 *Rh* 原子向单位晶胞提供二分之一一个 *Rh* 原子。于是,层 13 和 15 各向单位晶胞 17 提供 2 个 *Rh* 原子,单位晶胞 17 中总共有 4 个 *Rh* 原子。

单原子层 12、14 和 16 的铁原子 18 沿第一方向取向,而铁原子 19 却沿与第一方向相反的第二方向取向。当 *FeRh* 为反铁磁性时,单原子层 13 和 15 含有非磁性铑原子。磁性层 12、14 和 16 之间的电子相变及有关的磁有序转变,可由升高温度或由施加磁场来诱发。图 1 所示的原子取向有独特的性质,即在低温下为反铁磁性,而且在大约 340K 下经历转向铁磁态的相变,视化学计量成分而定,并可能低至 320K。在低于 340K 的温度下用施加磁场的方法,可以诱发反铁磁—铁磁相变,该磁场随着温度接近 340K 而线性地趋近于 0。在室温下该磁场约为 40KOe,而在比相变温度低 0.1K 的温度下约为 140Oe。在图 1 中,当 *FeRh* 为铁磁性时,所有铁原子沿铁原子 18 所示的第一方向取向,或者所有铁原子沿铁原子 19 所示的第二方向取向。在图 1 中,铁单原子层 12、14 和 16 之间的耦合足够大,使反铁磁态与铁磁态之间的能量差为十分之几 $mRy/aton$ 。如图 1 所示,*FeRh* 的能量计算表明,基态(最低能量态)确实是反铁磁态,此外还表明它呈 II 型反铁磁性,它包括图 1 所示的在各自晶面内有交替自旋的(100)铁层,即单元子层 12、14 和 16 及带有 0 自旋的铑层 13 和

15. 其自旋在一个晶面内平行而与相邻铁层内的自旋逆平行的(100)铁层的 I 型反铁磁性的总能量,接近于但是高于 II 型反铁体的总能量。计算表明,II 型反铁磁性结构仅比铁磁性自旋结构稍稳定一些,而且在 0K 温度下,一个 339KOe 的外加磁场会把反铁磁性自旋排列转变成铁磁性自旋排列。至于有序化的 *FeRh*,对反铁磁性结构和铁磁性结构两者来说铁的局部磁矩都是 $3\mu_B$;而铈的局部磁矩,对反铁磁性结构来说是 0,对铁磁性结构来说是 $1\mu_B$ 。

图 2 是 *FeRh* 的计算总能量 E 与总磁矩 M 的关系曲线。计算是针对其点阵常数比平衡值小 4.4% 的 *FeRh* 进行的。磁性晶胞 10 中每个原子的体积为 $4/3\pi r_{ws}^3$, 其中 r_{ws} 是 Wigner—Seitz 半径。铁原子和铈原子被看成占据相同的体积。在针对 *FeRh* 的计算中 r_{ws} 为 2.66 埃。曲线 24 表明,在曲线部分 26 的 $M=0$ 处有一个稳定的反铁磁性极小值;在由曲线部分 27 所示的 $M \approx 4\mu_B$ 处有一个亚稳定的反铁磁性极小值。曲线 24 是利用固定自旋磁矩方法得到的,该方法把磁性晶胞约束成具有得自共线自旋的固定的总磁矩值。如图 1 所示,磁性晶胞 10 被作得足够大以便用于反铁磁性。画在图 2 中的计算使人们可以分析磁性晶胞 10 在由式 1 所定义的外加磁场 H 中的行为。

$$H = dE/dM \quad (1)$$

在式 1 中, E 是总能量,而 M 是总磁矩。在图 2 中,纵轴代表总能量 E ,而横轴代表磁矩 M 。

图 3 表示图 1 所示的磁性晶胞 10 的磁矩 M 与微分图 2 的曲线 24 而算出的外加磁场 H 之间的关系曲线。在图 3 中,纵轴代表所加磁场 H ,而横轴代表磁矩 M 。注意,仅是图 2 中曲线 24 的某些部分可为该系统所用。在某个临界磁场 H_{cr} 下,两种状态即反铁磁态和铁磁态处于热动平衡,该 H_{cr} 由与曲线部分 26 和 27 相切的虚线 28 所示的 2 个极小值的公共切线的斜率来定义。对大于图 3 中虚线 32 所示 H_{cr} 的任何外加磁场,磁性晶胞 10 处于铁磁态平衡。对小于 H_{cr} 的任何外加磁场,磁性晶胞 10 处于反铁磁态平衡。虚线 32 与曲线 30 相交于点 34 至 36。在点 34 以下是曲线 30 的曲线部分 38。曲线部分 38 在点 37 处对 0 外加磁场表现出 0 磁矩。曲线 30 的曲线部分 39 从点 36 向上延伸。

图 4 是基于图 3 所示的计算的磁矩 M 与外加磁场 H 的关系曲线。在图 4 中,纵轴代表磁矩 M 而横轴代表外加磁场 H 。在图 4 中,纵轴和横轴是图 3 的纵轴和横轴对调。可为系统所用的 $E(M)$ 曲线部分,即图 3 中曲线 30 的曲线部分 38 和 39,提供 $FeRh$ 对外加磁场 H 的磁化响应。把 $FeRh$ 从反铁磁态变换到铁磁态所需的临界磁场 H_{cr} 约为 5807KOe,与人工磁性多层材料的典型变换磁场相比该值是很大的。然而,图 2 所示的结果适合,在给定体积(点阵常数)的刚性点阵(即没有零点运动)情况下,共线自旋所约束的 $FeRh$ 。计算表明,在平衡体积下, H_{cr} 下降到 2100KOe。零点能量修正导致在零温度下进一步下降到 339KOe,与所观察到的临界磁场 H_{cr} 基本吻

合。如上所述, H_{cr} 随着温度升高而降低, 并在较高的温度下随着温度接近 340K 而线性地趋近于 0。

在图 4 中, 曲线部分 38 上的点 34 和 37 对应着图 3 所示的曲线部分 38 上的点 34 和 37。图 3 所示的虚线 32 对应着图 4 中的线 32。图 4 中的点 36 和曲线部分 39 对应着图 3 中的点 36 和曲线部分 39。在点 34, $FeRh$ 是反铁磁性的; 而在点 36, 该材料是铁磁性的。图 3 和图 4 中的数据是在室温下即 300K 下取得的。

图 5 是 $FeRh$ 的临界磁场 H_{cr} 与温度的关系曲线。在图 5 中, 纵轴代表外加磁场 H , 而横轴代表温度。在图 5 中, 铈为 53.1%。曲线 46 表明, 当温度升高到约 320 开尔文时, 临界磁场 H_{cr} 降低到 0。于是通过加热 $FeRh$, 临界磁场 H_{cr} 降低到很低的值, 例如在 10 至 80 奥斯特范围内, 即能诱发材料从反铁磁有序到铁磁有序的转变。转变发生得很快, 因为主要是一种电子相变(自旋反转), 其单位晶胞中原子的运动或重新定位很小。

再次参见图 4, 当 $FeRh$ 被加热到很接近于 320K 时, 虚线 48 代表从点 37 至点 52 的转变。点 37 代表反铁磁性材料而点 52 代表铁磁性材料。曲线部分 50 连接点 36 和点 52。

参见图 6, 画出一个存储器 60, 举例来说, 它可能是一个直接存取存储器件(DASD)。磁盘 62 被画成带有基片 64, 和置于基片 64 上的带上表面 67 的磁性层 66。磁盘 62 由芯轴 68 支撑, 该芯轴耦合于用来使芯轴 68 和磁盘 62 旋转的电动机 70。磁性层 66 可以存有随

磁性层 66 内磁场取向而变的,和随上表面 67 正上方的有关磁场磁力线返回磁路而变的数据。要在图 7 中进一步描述的磁头 71 定位于非常接近上表面 67 的地方,以便截取离开或进入上表面 67 的磁场。磁头 71 实际上由滑块 72 支撑就位,该滑块由执行器 74 控制。执行器 74 可以是一个电磁铁。

存储器控制电路 76 用来,在通往执行器 74 控制输入端和信号处理电路输入端的引出线 77 上,生成控制信号。存储器控制电路 76 还用来在通往电动机 70 的引出线 80 上提供控制信号。

温度控制电路 81 用来控制磁头 71 中材料 82 的温度。材料 82 示于图 7。信号处理器电路 78 在通往温度控制电路 81 的引线 84 上提供一个或多个控制信号。信号处理器电路 78 可以用来指示在预定的磁场下材料 82 究竟是反铁磁性还是铁磁性的,以便指示材料 82 的温度究竟应该提高还是降低。由材料 82 或其他材料组成的一些辅助传感器可以设置在磁头 71 中,并耦合于信号处理器电路 78,以便测定磁头 71 内的温度状态,更确切地说,测定传感或截取磁性层 66 上方磁场的材料 82 的温度状态。引线 84 上的来自信号处理器电路 78 的信号可以是简单的通断控制信号;也可以向温度控制电路 81 提供更多的信息,以便使用温度控制电路 81 来把材料 82 的温度控制在与低于相变温度的温度对应的预定温度,例如 $340\text{K} \pm 0.1\text{K}$ 之内。

温度控制电路 81,可在通往图 7 所示的设置在磁头 71 内的加热元件 89 的引出线 87 和 88 上,提供电流以便控制材料 82 的温

度。加热元件 89 可以是,举例来说,由层状或线状的镍铬合金制成的电阻加热器。也可以用其他材料制成加热元件 89。也可以用例如辐射能源 92 之类的其他加热形式来控制材料 82 的温度。辐射能源 92 用来,借助于射束 95 或光纤 96,提供聚焦在或指向或穿过磁头 71 的幅射能量,以便控制材料 82 的温度。温度控制电路 81 可以通过引出线 93 往辐射能源 92 提供控制信号。辐射能源 92 可以是个激光器并可借助于光纤 96 提供光束 95。

信号处理器电路 78 向磁头 71 提供一个电流,该电流可以穿过材料 82 以便借助其电阻测定材料 82 究竟是反铁磁性有序还是铁磁性有序。如果材料 82 是铁磁性有序的,则材料 82 的电阻远小于当材料 82 是反铁磁性有序时的电阻,例如小一个数量级(10 倍)。来自信号处理器 78 的引出线 97 和 98 用来提供一个通往材料 82 的电流通路和一个从材料 82 返回到信号处理器 78 的通路。信号处理器 78 用来测定材料 82 的电阻,从而测定相对于磁性层 66 上表面 67 上方的外加磁场而言,材料 82 究竟是铁磁性有序还是反铁磁性有序。引出线 97 和 98 可以是有多股线的电缆以便适应从磁头 71 接收到的附加电压。

存储器控制电路 76 用来响应引出线 102 上的读出信号和引出线 103 上的地址信号,而检索先前存储在磁性层 66 中的数据。磁头 71,更确切地说,材料 82 用来,通过从反铁磁性到铁磁性有序材料的相变,测量外加磁场,并在通往信号处理器电路 78 的引出线 97 和

98 上,提供一个模拟信号或数字信号。信号处理器电路 78 用来处理引出线 97 和 98 收到的信号,以便在引出线 106 上提供输出信号,指示从磁性层 66 检索到的数据。

图 7 是设置在磁性层 66 上方的磁头 71 的简化图。图中显示,材料 82 设置在上表面 67 的上方和导体 97 与 98 之间,这些导体用来提供通过材料 82 的电流以便测定材料 82 的电阻率。加热元件 89 设置在加热材料 82 附近,以便把加热材料 82 的温度控制在例如 320K 至 $340\text{K} \pm 0.1\text{K}$ 范围内的某一个值。引出线 87 和 88 耦合于加热元件 89,以便提供通过加热元件 89 的电流。如图 7 所示,加热元件 89 是一条电阻材料,但也可以是一根线或一个薄膜层。线 99 可以绕在导体引出线 97 和 98 绕制形成线圈 100 和 101。这些线圈加热引出线 97 和 98,后者又提高材料 82 的温度。图中示出磁力线 110 至 112,它们从层 66 的上表面 67 发出,并穿过可能是例如 *FeRh* 或 *FeRu* 的材料 82。材料 82 的电阻在铁磁态会大为减小,这可用来测定材料 82 是否经历了从反铁磁性材料到铁磁性材料的电子态相变,从而检测磁场。

FeRh 是一种具有反铁磁性基态的独特的双金属系统,这种基态可以在预定磁场下变到铁磁态而不改变结晶结构。*FeRu*、*FePd* 或 *MnPt* 是可以代替 *FeRh* 用作材料 82 的其他独特的双金属系统。

在 *FeRh* 中,借助于图 1 所示的特殊反铁磁性晶面间自旋结构和晶面内自旋结构来提高磁致电阻效应。与 *CsCl* 单位晶胞和有关铁

B2 系统对应的简单晶体结构可产生一种排列：晶面内交变自旋的(100)铁层,零自旋的铈层,及反铁磁性耦合的邻接铁层。对材料施加一个磁场,调整铁在(100)晶面之内和之间的自旋,可产生相当大的铈磁矩。换句话说,铈也对铁磁态作出磁矩贡献。由于 $FeRh$ 中的特殊自旋排列,磁致电阻效应被有力地提高,即有巨大磁致电阻效应,以致由该材料或有关材料制成的磁头会通过提供更大的输出电压或更大的电阻变化而灵敏得多。此外,材料的灵敏度在接近室温(300K)时处于最大值,并且可由加热元件来控制。

本发明描述一种用来探测磁场的器件,该器件包含一种由至少一种磁性原子或离子及至少一种非磁性原子或离子组成的材料,磁性原子或离子规则地排列于被非磁性原子或离子间隔开的晶体中,磁性原子或离子与所有最邻近的磁性原子或离子以一种电子态反铁性地相匹配,而当施加磁场时,可以把磁性原子或离子的这种匹配改变成铁磁性有序,对处于与反铁磁性有序相反的铁磁性有序状态的材料,通以电流,并检测其电阻,可探测该铁磁性有序状态。

虽然已经描述并说明了一种利用一种从反铁磁性有序到铁磁性有序转变的材料来探测磁场的装置,但本专业的技术人员将会明白,可以进行修改和变动而不脱离本发明的广义范围,该范围将仅受所附权利要求书的范围的限制。

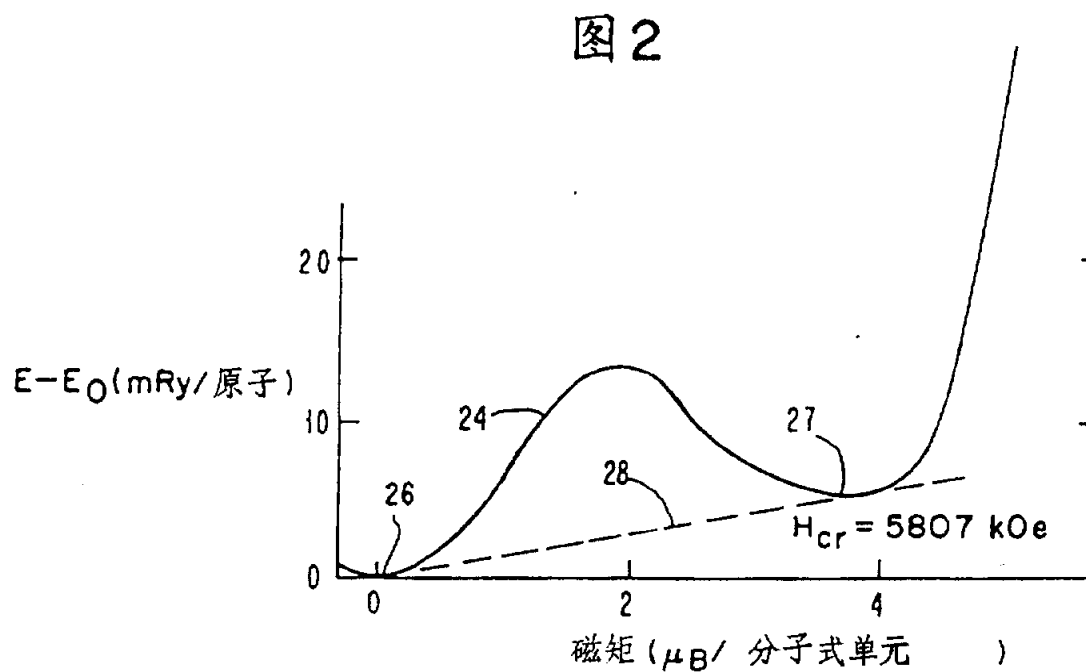
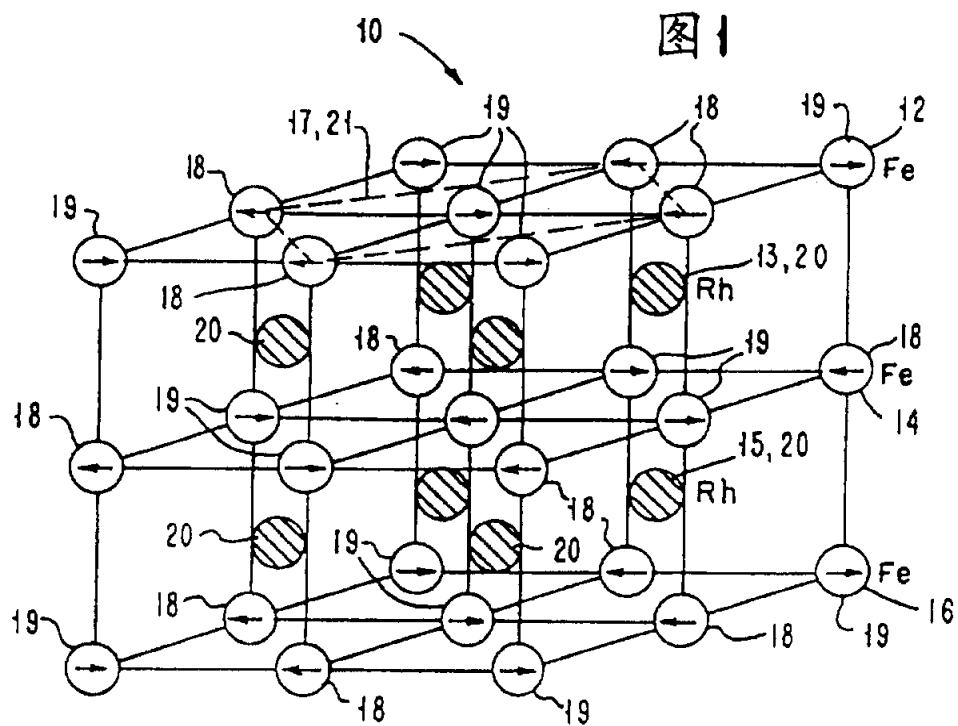
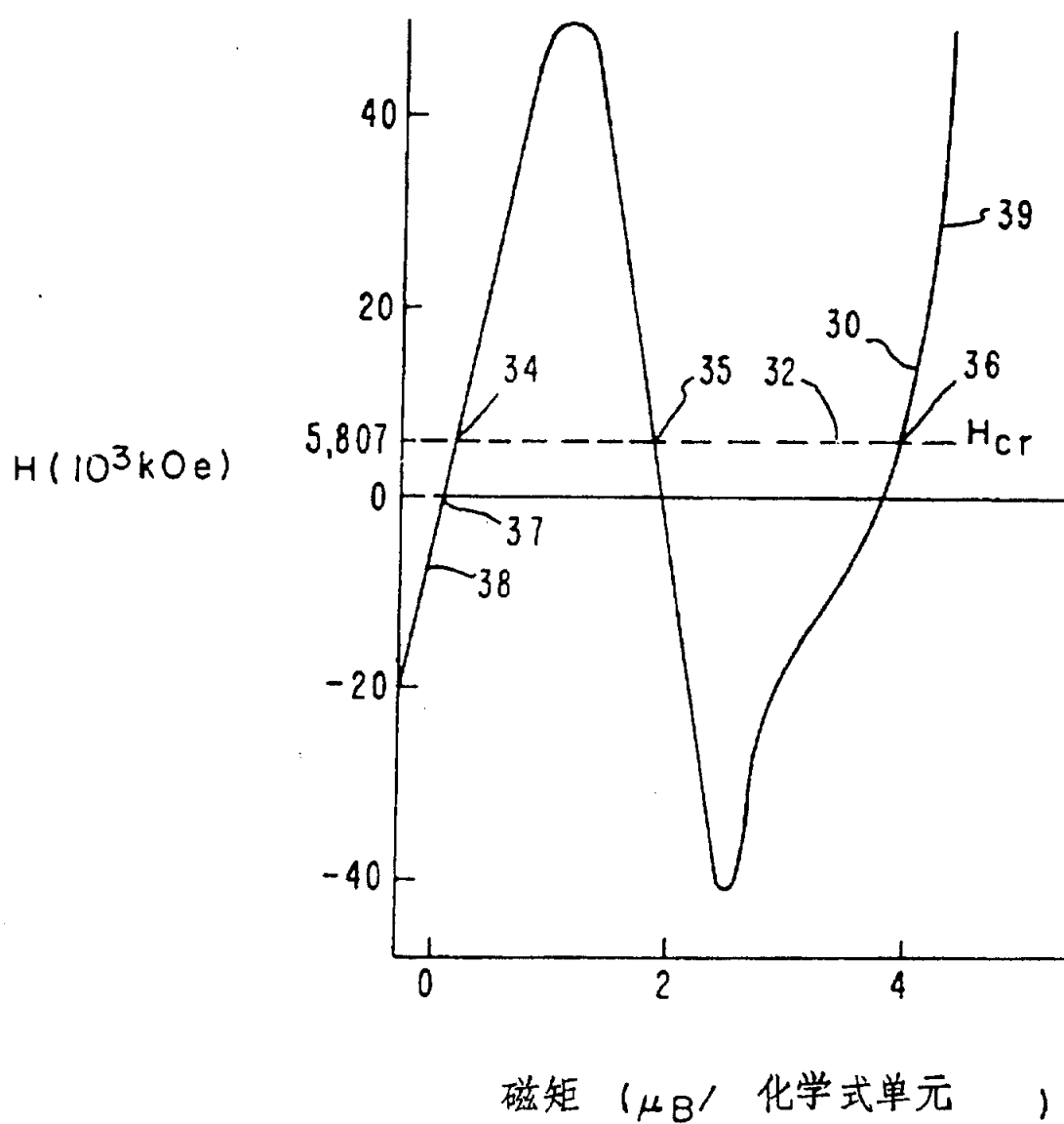


图3



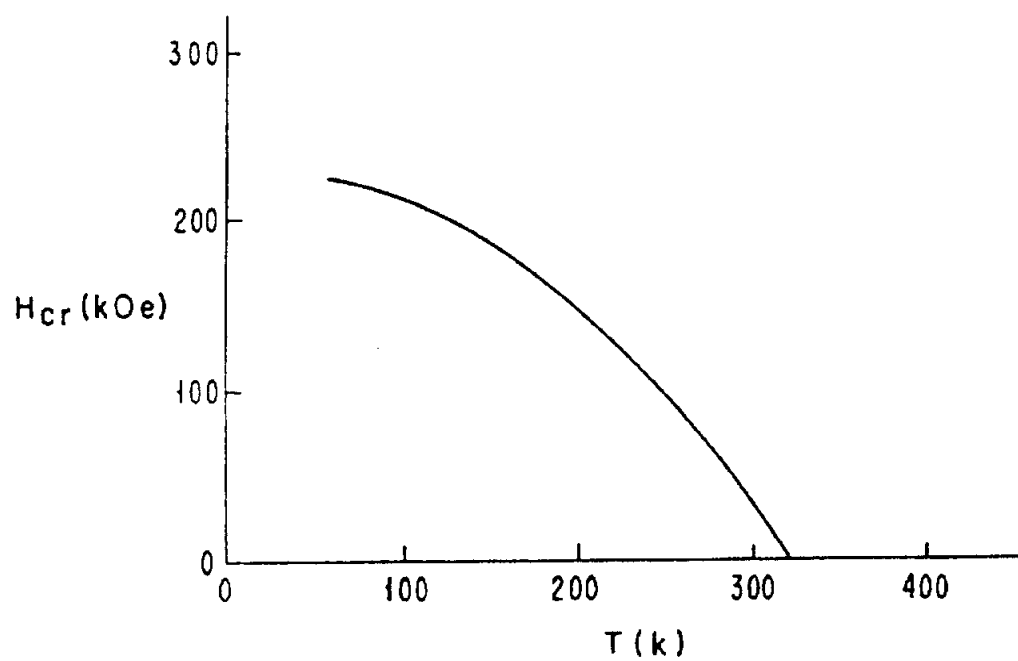
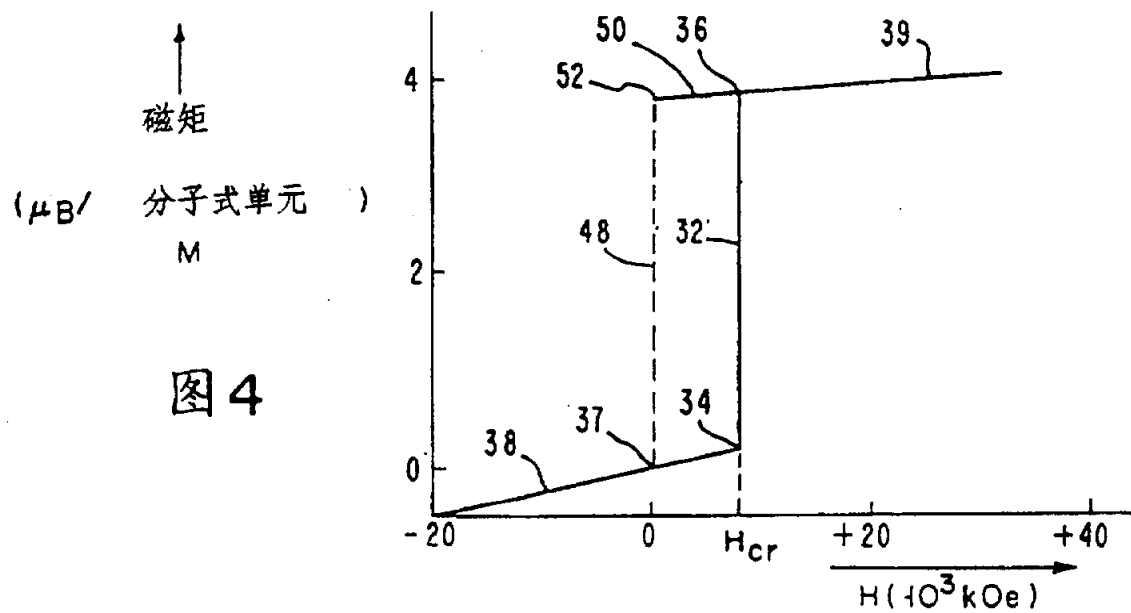


图 5

图 6

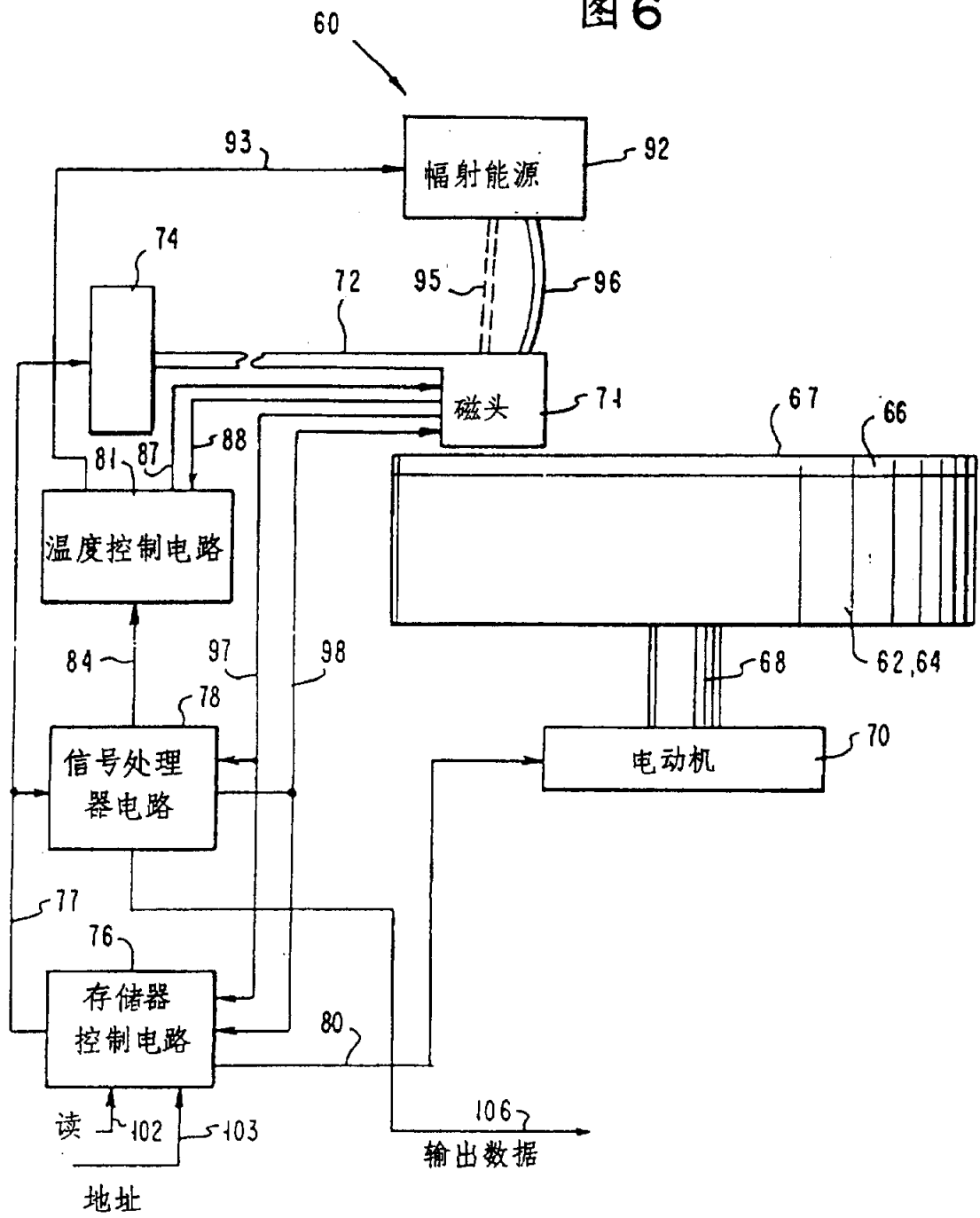


图7

