

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11C 11/15 (2006.01)

H01L 43/00 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410003614.1

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 100456385C

[22] 申请日 2004.1.7

[21] 申请号 200410003614.1

[30] 优先权

[32] 2003.1.7 [33] KR [31] 778/03

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 李炅珍 朴玩濬

[56] 参考文献

US6166948A 2000.12.26

CN1359099A 2002.7.17

CN1319900A 2001.10.31

US5959880A 1999.9.28

JP2002-299725A 2002.10.11

审查员 范崇飞

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 陶凤波 侯宇

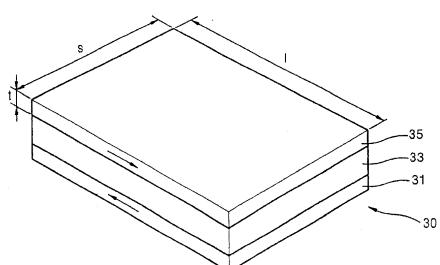
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 11 页

[54] 发明名称

具有高选择性的磁致电阻随机存取存储器

[57] 摘要

提供一种磁致电阻随机存取存储器。该磁致电阻随机存取存储器包括一个磁化矢量方向为固定的第一磁性层，一个在位置上与第一磁性层平行、一个磁化矢量方向可以被反转的第二磁性层，插入第一磁性层和第二磁性层之间的非磁性层，该第二磁性层的纵横比为 2 或更小，厚度为 5nm 或更小，饱和磁化强度为 800emu/cm<sup>3</sup>或更小。磁致电阻随机存取存储器具有无转折点、磁致电阻的特性，因而表现了无需考虑处理能力的高选择性。



1. 一种磁致电阻随机存取存储器，该磁致电阻随机存取存储器包括至少一个存储单元，该存储单元包括：

—第一磁性层，其磁场矢量的方向是固定的；

—第二磁性层，其设置为与所述第一磁性层平行，并且其磁场矢量的方向是可反转的；以及

—插入第一磁性层和第二磁性层之间的非磁性层；

该第二磁性层的纵横比为 2 或更小，厚度为 5nm 或更小，饱和磁化强度为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小。

2. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.5 或更小。

3. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.4 或更小。

4. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.3 或更小。

5. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.2 或更小。

6. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.1 或更小。

7. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的纵横比为 1.0 或更小。

8. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的厚度为 4nm 或更小。

9. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的厚度为 3nm 或更小。

10. 如权利要求 1 或 8 或 9 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的饱和磁化强度为 700 emu/cm<sup>3</sup>或更小。

11. 如权利要求 1 或 8 或 9 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第二磁性层的饱和磁化强度为 600 emu/cm<sup>3</sup>或更小。

12. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中第一磁化层和

第二磁化层是由多层结构构成的。

13. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中该非磁性层由多层结构构成。

14. 如权利要求 1 所述的磁致电阻随机存取存储器，其中该非磁性层由导电材料构成。

## 具有高选择性的磁致电阻随机存取存储器

### 技术领域

本发明涉及一种磁致电阻随机存取存储器，尤其涉及一种高选择性的磁致电阻随机存取存储器。

### 背景技术

磁致电阻随机存取存储器（MRAM）是一种自旋的电子装置，现已被发展成为有能力代替传统的动态随机存取存储器（DRAM）和闪速存储器（FLASH MEMORY）的下一代存储器装置。动态随机存取存储器具有快速的数据写入速度，但是一旦切除电源，存储在 DRAM 里面的数据就会被抹掉。闪速存储器的数据写入速度比 DRAM 慢 1,000 倍。MRAM 具有排列如铁磁层/绝缘层/铁磁层的多层薄膜结构，并且根据铁磁层中磁性材料的磁化方向，通过控制电子束的自旋隧道来存储数据。

图 1 是传统磁致电阻随机存取存储器单元的基本结构图。当电流施加到位线 11 和字线 13 时，安置在位线 11 和字线 13 的交叉点上的第一单元 15 的一个自由层的磁化方向被反转。因此，磁性的信息被写入一个磁性存储器的比特位。然而，在磁致电阻随机存取存储器的一个阵列中，当电流施加到字线 13 和位线 11 时，磁场会不可避免地作用于分别位于字线 13 和位线 11 上的第二单元 17 和第三单元 19。

图 2 是示出被选择用于数据写入的第一单元 15 与位于第一单元 15 周围第二单元 17 和第三单元 19 的电阻 - 磁性场（R - H）特性的曲线图。虽然第二单元 17 和第三单元 19 没有被选择用于数据写入，磁场也会对它们有影响。

f1 是示出第一单元 15 的 R - H 特性的曲线图，f2 是示出第三单元 19 的 R - H 特性的曲线图，f3 是示出第二单元 17 的 R - H 特性的曲线图。从 f1、f2 和 f3 中可看到，传统的 MRAM 单元的 R - H 曲线中有两个离散状态。转折点，即磁场中具有中间状态的阻抗的区域，出现在曲线 f1 上的 A 和 A'、曲线 f2 的点 B 以及曲线 f3 的 C。这些转折点是降低 MRAM 阵列的可选择

性的主要因素。

彼此之间相互垂直的位线 11 和字线 13 所施加的电场，导致第一单元 15 的反转磁场  $H_0$  低于其它邻近的单元。在  $f_1$  的图表中，在点  $f_{1sw}$  可达到全反转的磁场  $H_0$ 。当施加 28 Oe 的反转磁场  $H_0$  时，虽然第一单元 15 的自由层中的磁场矢量方向被反转，但是位于字线 13 上的第二单元 17 的自由层中的磁场矢量方向并没有被反转。在  $f_3$  中，转折点（点 C）产生于比  $H_0$  大的磁场  $H_2$  中。因此，第二单元 17 中的磁化反转没有发生。然而，在  $f_2$  中，转折点（点 B）产生于比  $H_0$  小的磁场中。因此，当施加磁场  $H_0$  时，位于位线 11 上的第三单元 19 中的某些磁化域中的磁场矢量会被部分地转换，因而导致错误。

因此，为了提高 MRAM 的可选择性，MRAM 的单元需要被重新设计以消除转折点或在有转折点的情况下避免影响 MRAM 的可选性。

### 发明内容

本发明提供一种能够消除转折点而具有高选择性的磁致电阻随机存储器。

本发明的一方面提供了一种磁致电阻随机存储器，包括：磁场矢量方向为固定的第一磁性层；与第一磁性层平行定位并且磁场矢量方向可以被反转的第二磁性层；插入第一磁性层和第二磁性层之间的非磁性层，第二磁性层的纵横比为 2 或更小，厚度为 5nm 或更小，饱和磁化强度为 800 emu/cm<sup>3</sup> 或更小。

第二磁性层的纵横比可以是 1.5 或更小，优选地为 1.4 或更小，特别优选为 1.3 或更小，尤其为 1.2 或更小，甚至优选为是 1.1 或 1.0 或更小。

第二磁性层的厚度可以是 4nm 或更小，优选为 3 nm 或更小。

第二磁性层的饱和磁化强度可以是 700 emu/cm<sup>3</sup> 或更小，优选为 600 emu/cm<sup>3</sup> 或更小。

第一或第二磁性层或无磁性层可以被构造为多层结构，并且无磁性层可以是由导电材料制成。

在本发明中，通过构造一个纵横比为 2 或更小、厚度为 5nm 或更小、饱和磁化强度为 800 emu/cm<sup>3</sup> 或更小的自由层，来消除转折点，这使得高选择性的存储器实现成为可能。

## 附图说明

下面对参照附图对其中的实施例加以详细地描述，上述的和本发明的其他特征及优点将会更加明显。其中：

图 1 是传统的磁致电阻随机存取存储器基本结构图；

图 2 是示出图 1 中的 MRAM 单元中被选择用于数据写入的第一单元和位于第一单元周围的第二单元和第三单元的电阻 - 磁性场 (R - H) 的特性的曲线图；

图 3 是根据本发明一个实施例的 MRAM 单元的示意性结构框图；

图 4A - 4E 是示出了依据一个预定纵横比 (AR) 的自由层的厚度 (t) 和饱和磁化强度 (Ms), Hc2/Hc1(HR) 的分布情况的图表；

图 5A - 5E 是示出了依据一个预定纵横比 (AR) 的自由层的厚度 (t) 和饱和磁化强度 (Ms), 全转换磁场(Hsw) 的分布情况的图表；

图 6 是示出了本发明的一个实施例中的 MRAM 单元的可选择性根据处理能力和制作中的 HR 的变化情况的图表；

图 7A 是示出了一个磁畴中 360 度的畴壁结构的框图；

图 7B 是示出了一个磁畴中的磁涡流结构的框图；以及

图 8 是示出了根据本发明一个实施例具有  $AR = 1.5$ 、 $t = 3$ 、 $Ms = 600$  emu/cm<sup>3</sup> 规格的 MRAM 单元中的电阻 - 磁性场曲线的模拟图。

## 具体实施方式

在下文中，将参照附图，对依据本发明实施例的一个磁致电阻随机存取存储器 (MRAM) 加以描述。

在本发明中，如图 2 中所示，为了把转折点以数值的形式重现，需要将用于未选择的预定单元的全转换而所需的一个磁场被定义为 Hc1 (见图 2 中的点 f3sw)，以及将用于产生转折点的一个初始磁场定义为 Hc2。Hc2 / Hc1 作为转折点的量变项。在这里，Hc2 / Hc1 等于 1 时意味着 MRAM 单元的电阻 - 磁性场曲线没有转折点。

图 3 是示出了根据本发明实施例的 MRAM 单元的示意性结构框图。

在图 3 中，本发明的一个实施例中的 MRAM 单元 30 具有叠层的结构，包括由磁性材料制成的第一磁性层 31 和第二磁性层 35、和插入第一磁性层

31 和第二磁性层 35 之间的非磁性层 33。第一磁性层 31 和第二磁性层 35 中的一个用作固定层，在该层中，磁畴的磁场矢量的方向为固定的。另一方面，另一个磁性层用作自由层，在该层中磁畴的磁场矢量的方向可以通过施加磁场而反转。例如，第一磁性层 31 是固定层，第二磁性层 35 是自由层。在该情况下，MRAM 单元 30 被设定这样的纵横比 (AR)，以使位线方向的最大轴线长度 (l) 和字线方向的最小轴线长度 (s) 的比为 2 或更小，以及作为自由层的第二磁性层 35 的厚度 (t) 和饱和磁化强度分别为 5nm 或更小和为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小。

本发明的一个实施例中的 MRAM 单元可能由多于两个的磁性层构成。相似地，在该情况下，只要自由层的 AR 设置为 2 或更小、自由层的 t 为 5nm 或更小、自由层的 Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小，转折点同样可以被消除，这使高选择性 MRAM 单元的实现成为可能。

图 4A - 4E 是示出了根据一个预定纵横比 (AR) 的自由的厚度 (t) 和饱和磁化强度 (Ms)，Hc2/Hc1(HR)的分布情况的图表。如果表现最小转折点发生率的变量 HR 大于或等于 0.7，存储器就会有更少的转折点。

在图 4A 中，当 AR 等于 1 时，如果当 t 的取值范围在 4nm 和 5nm 之间，那么 Ms 必须为 900 emu/cm<sup>3</sup>或更小，以使 HR 的值大于或等于 0.8。当 t 减小到小于 4nm 时，要使 HR 大于或等于 0.8，Ms 的最大值要增加。在 t 等于 2.5nm 时，Ms 要为 1,200 emu/cm<sup>3</sup>或更小，HR 的值才会不小于 0.8。

在图 4B 中，当 AR 等于 1.5 时，如果 t 等于 5nm，那么 Ms 要为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小，HR 的值才会不小于 0.8。随着 t 的减少，要使 HR 大于或等于 0.8，Ms 的最大值相应增加。

在图 4C 中，当 AR 等于 2 时，如果 t 等于 5nm，那么 Ms 要为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小，HR 的值才会不小于 0.8。当 t 减小到小于 5nm 时，要使 HR 大于或等于 0.8，Ms 的最大值相应增加。

在图 4D 中，当 AR 等于 2.5 时，大于或等于 0.8 的 HR 的值分布在 t 为 2.8nm 或更小和 Ms 为 600 emu/cm<sup>3</sup>或更小的区域中。然而，由于在剩余的区域中能够无规律地观测到 HR 为 0.8 或更大的值，因此很难适当地设定 MRAM 单元的规格。

在图 4E 中，当 AR 等于 3 时，HR 为 0.8 或更大的值可在岛形的区域中局部地观测到，因此很难适当地设定 MRAM 单元的规格。

从图 4A - 图 4E 中可以看出，MRAM 单元优先地设定为 AR 为 2 或更小、t 为 5nm 或更小、Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小，以使 HR 为 0.7 或更大，优先地为 0.8 或更大。

图 5A - 图 5E 是示出了依据一个为预定纵横比 (AR) 的自由层的厚度 (t) 和饱和磁化强度 (Ms)，全转换磁场(Hsw)的分布情况的图表。用于有效全转换的磁场 (Hsw) 的参考值是 150 Oe。MRAM 单元的 Hsw 小于 150 Oe 意味着该 MRAM 单元可以在低的驱动电压的情况下执行转换。

图 5A - 图 5E, 和图 4A - 图 4E 类似，当 AR 为 2.5 或 3 时，大于 150Oe 的 Hsw 可以被大体地观测到，而与 t 或 Ms 无关。另一方面，对一个 AR 小于或等于 2 的 MRAM 单元来说，如果 t 为 5nm 或更小并且 Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup> 或更小，可以很稳定地得到为 150 Oe 或更小的 Hsw。这意味着，当 AR 减小时，Hsw 也减小。因此，甚至可以在一个低的驱动电压下进行驱动。

如图 4E 和图 5E 中所显示，当 AR 等于 3 时，如果 t 大于或等于 5nm 并且 Ms 大于或等于 800 emu/cm<sup>3</sup>(右上方)，HR 为 0.6 或更小并且 Hsw 不小于 150 Oe。如图 7B 所示，这可以通过 MRAM 单元中局部生成的转折点来解释。另一方面，如图 7A 所示，如果 AR 的值高达了 3 或 2.5，并且 t 和 Ms 的值比较小 (左下方)，那么在某些畴中就会产生 360 度的畴壁。这导致畴壁连接而生成转折点，因而降低了 HR 的值。

同时，参考图 4A - 图 4C 和图 5A - 图 5C，如果 AR 为 2 或更小，t 为 5nm 或更小，Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小，可以观测到一个宽的无转折点区域 (见图的左下方)。当 MRAM 单元的 AR 为 2 或更小，t 为 5nm 或更小，Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小时，没有转折点并导致生成了 360 度畴壁。这也许是因为无转折点区域不具备一个预定的磁化质量 (Ms×t)，该磁化质量是生成出现转折点的因素诸如如涡流所必需的。

图 6 是示出了本发明的一个实施例中的 MRAM 单元的可选择性根据处理能力和制作中的 HR 的变化情况的图表。对照图 6， $2\sigma$  代表最小的处理能力， $6\sigma$  代表最大的处理能力。甚至当处理能力低至  $2\sigma$  时，只要 HR 大于 0.7，仍旧可能得到等于 1 的可选择性。

如图 4A - 图 4C 所示，根据本发明的一个实施例的 AR 为 2 或更小，t 为 5nm 或更小，Ms 为 800 emu/cm<sup>3</sup>或更小的 MRAM 单元，其 HR 不小于 0.7。因此，根据本发明的一个实施例的 MRAM 单元，可以在不考虑处理能力的

情况下表现出高选择性。

图 7A 是示出了一个磁畴中 360 度畴壁结构的示意框图，图 7B 是示出了一个磁畴中的磁涡流结构的示意框图。通常，电阻 - 磁性场中的转折点曲线被假定为由 MRAM 中的畴壁或磁涡流所引起。

依据本发明的一个实施例中的 MRAM 单元形成的技术特征是 AR 为 2 或更小， $t$  为 5nm 或更小，并且  $M_s$  为 800 emu/cm<sup>3</sup> 或更小。结果，畴壁 (D) 或磁涡流 (E) 被消除，这使阻止转折点在磁 - 电阻特征中的出现成为可能。

图 8 是示出了本发明的一个实施例中具有  $AR = 1.5$ 、 $t = 3$ 、 $M_s = 600$  emu/cm<sup>3</sup> 规格的 MRAM 单元的电阻 - 磁性场的曲线的模拟图。从图 8 中可见，当与传统 MRAM 单元对比时，观测不到转折点。换句话说，依据本发明的一个实施例的 MRAM 单元具有无转折点、电阻 - 磁性场的特性，因而表现了无需考虑处理能力的高选择性。

尽管已参考优选实施例而特别地示出和描述了本发明，但本领域技术人员可以轻易理解的是，如所附权利要求限定那样，在并不背离本发明的精神和范围的情况下，可以进行形式和细节上的变化。

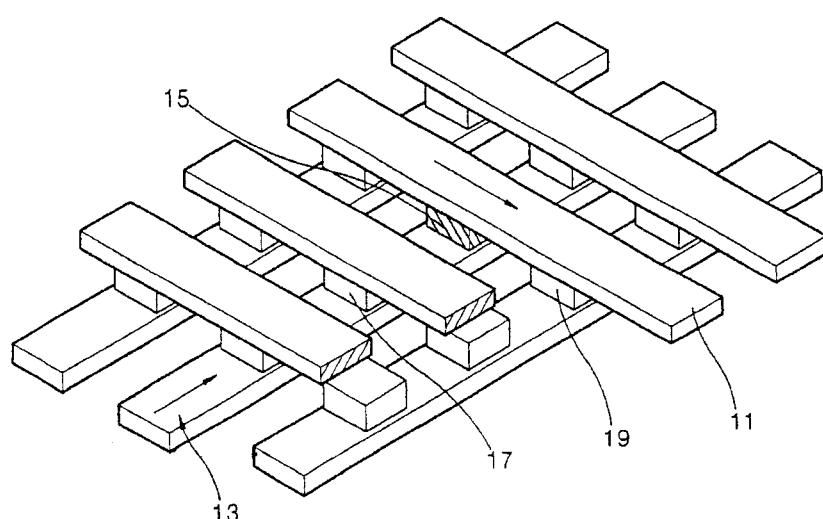


图 1

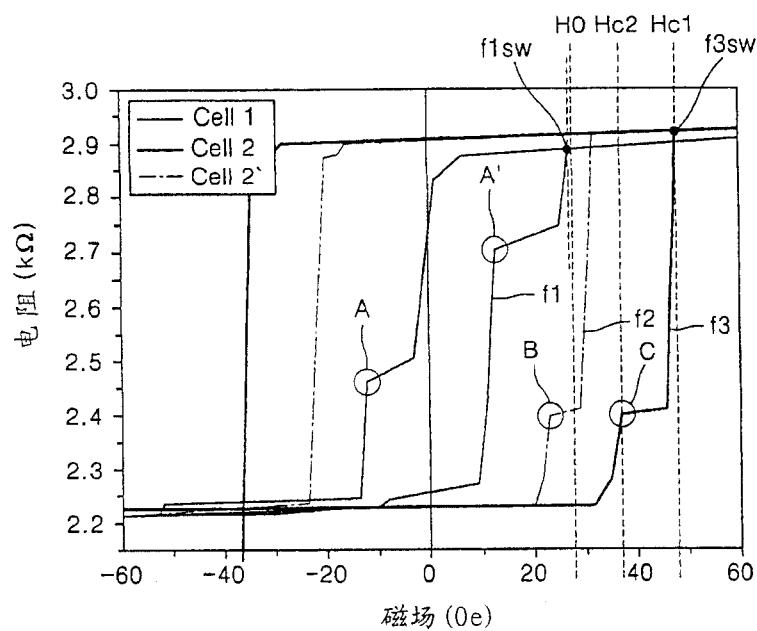


图 2

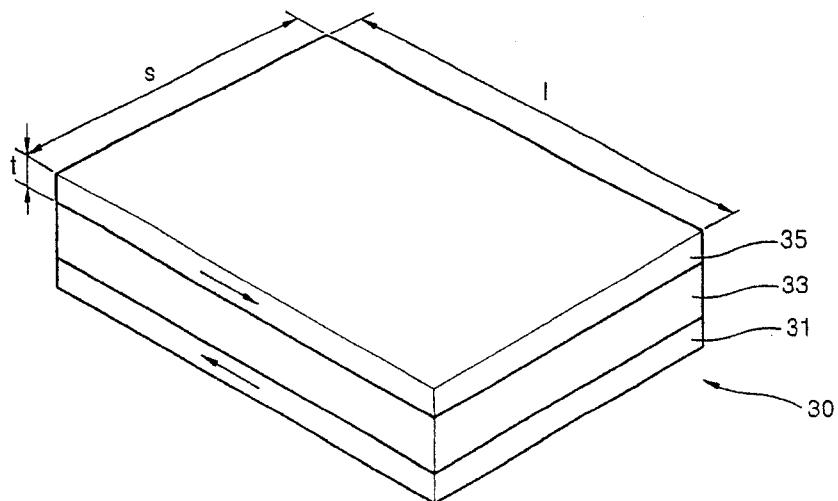


图 3

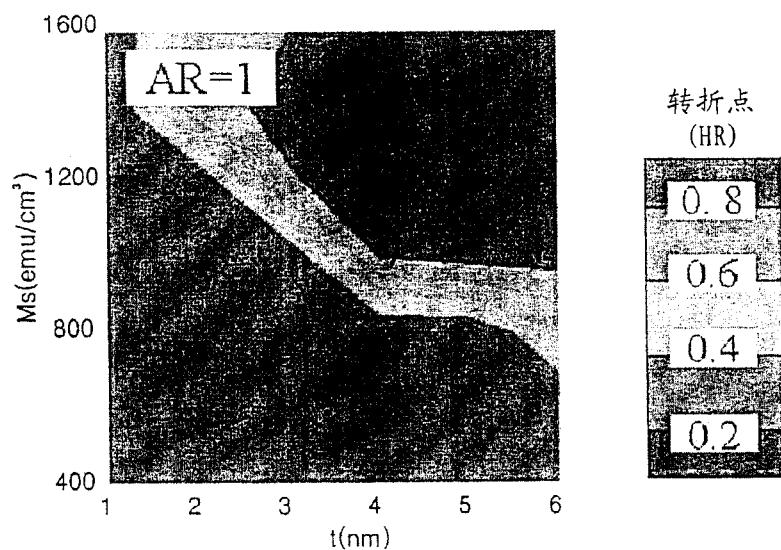


图 4A

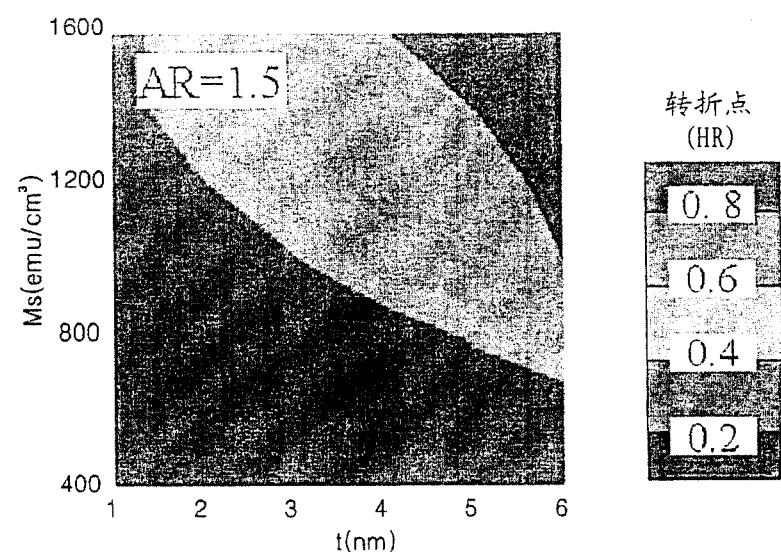


图 4B

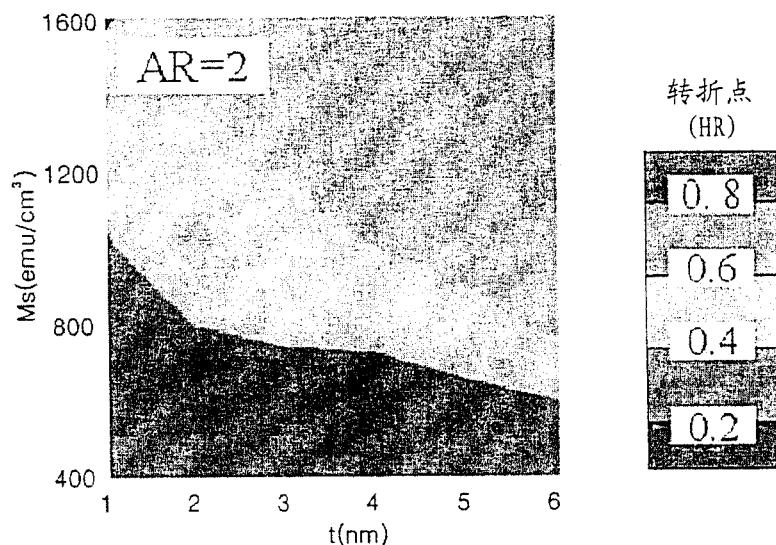


图 4C

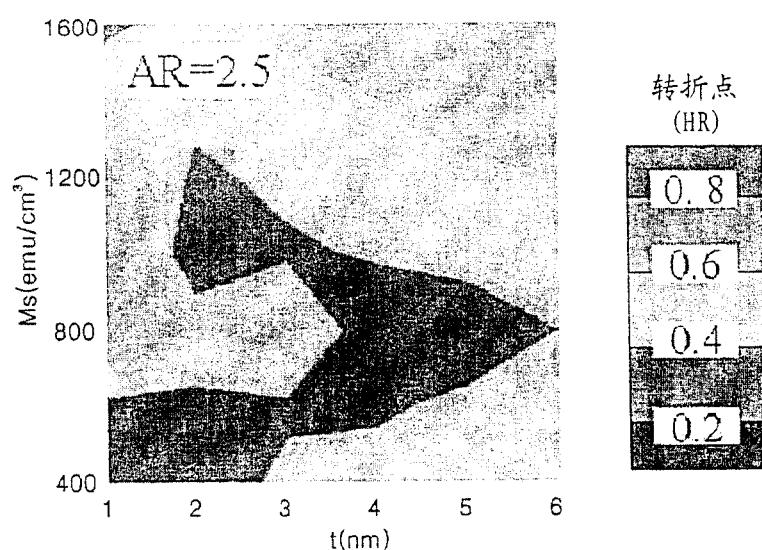


图 4D

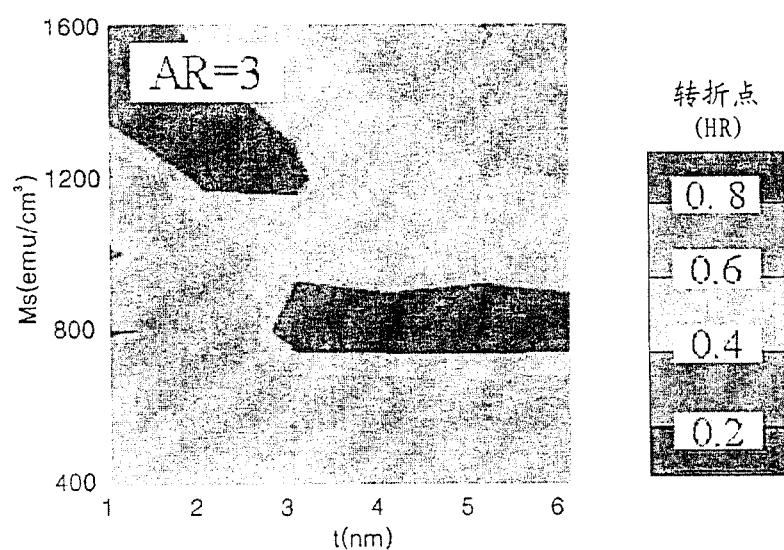


图 4E

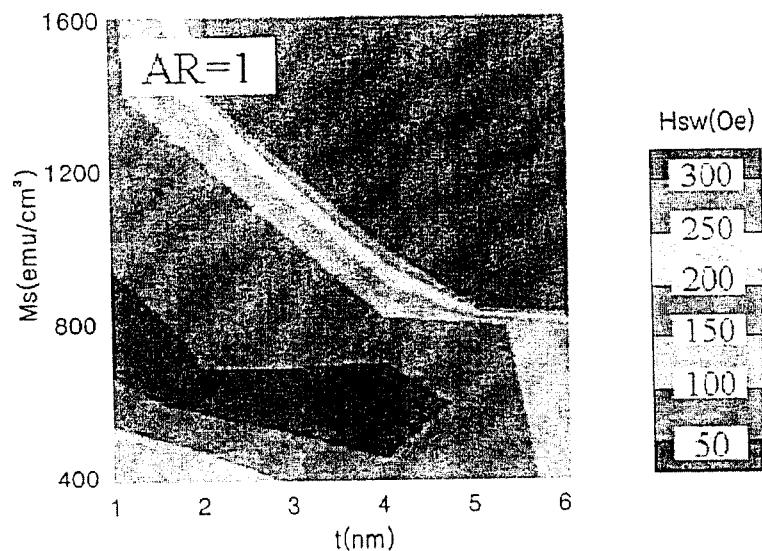


图 5A

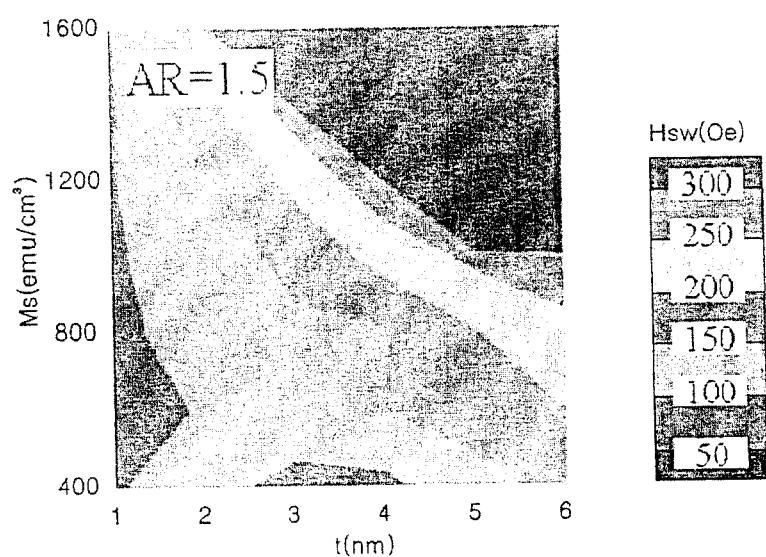


图 5B

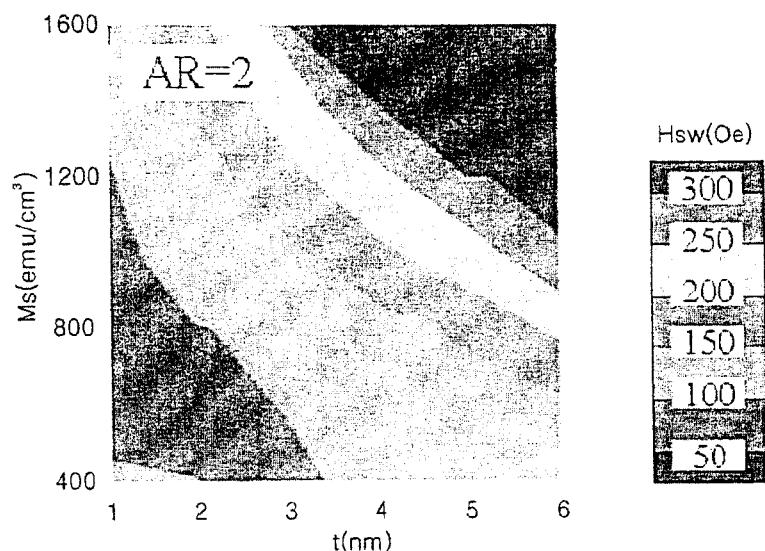


图 5C

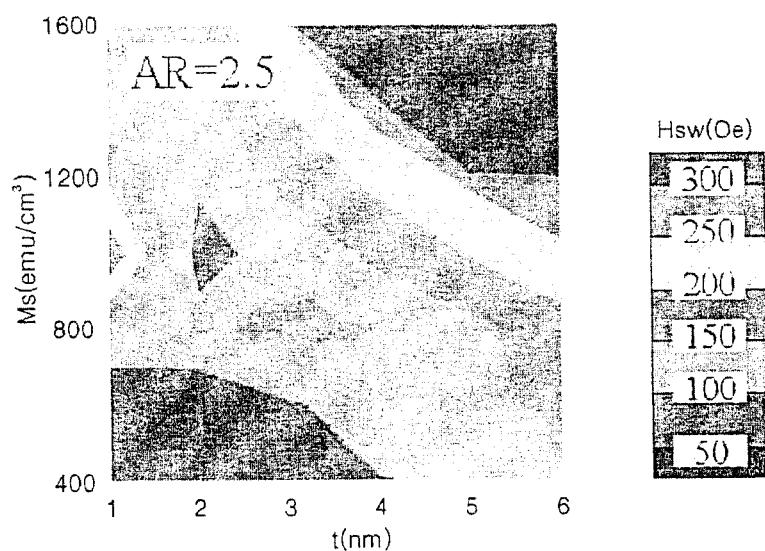


图 5D

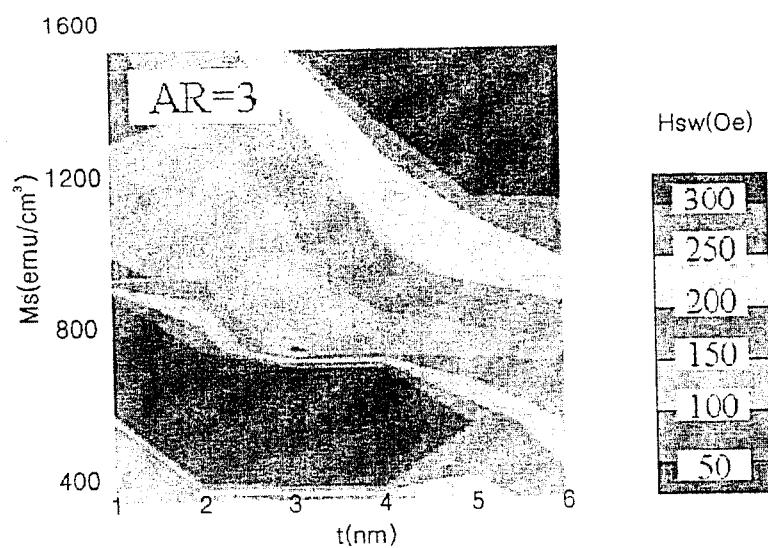


图 5E

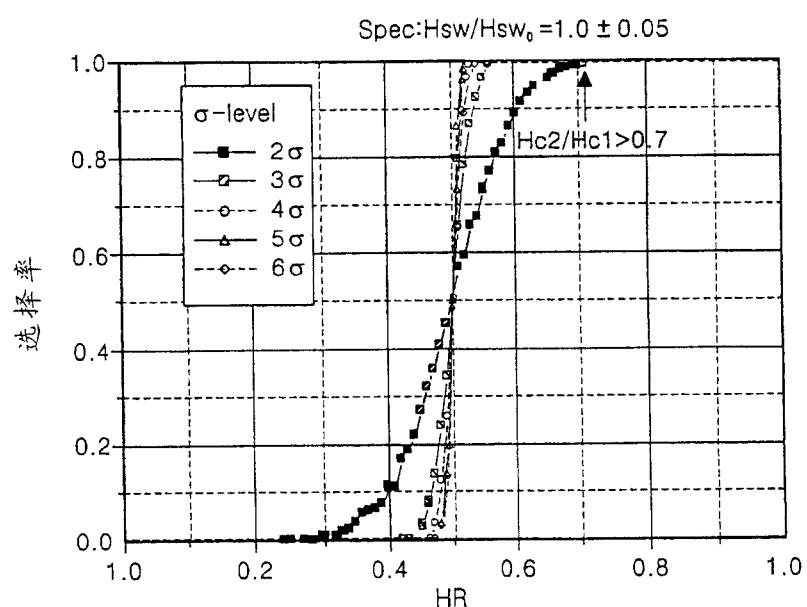


图 6

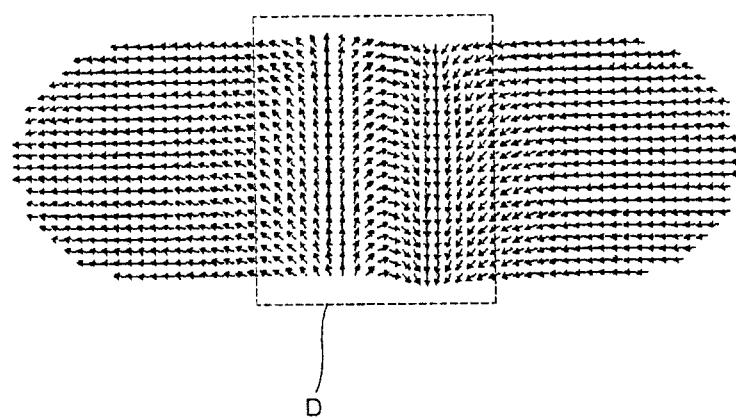


图 7A

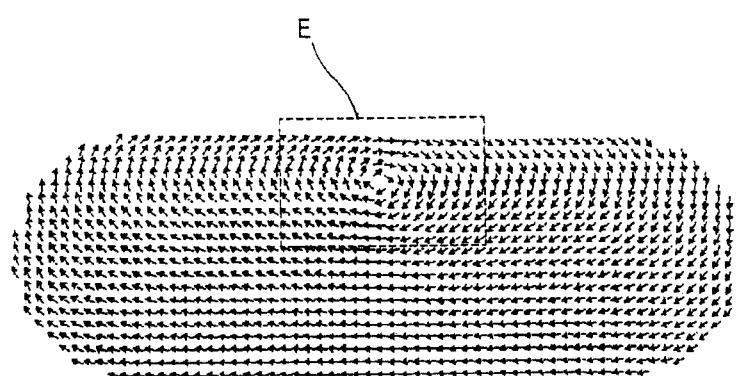


图 7B

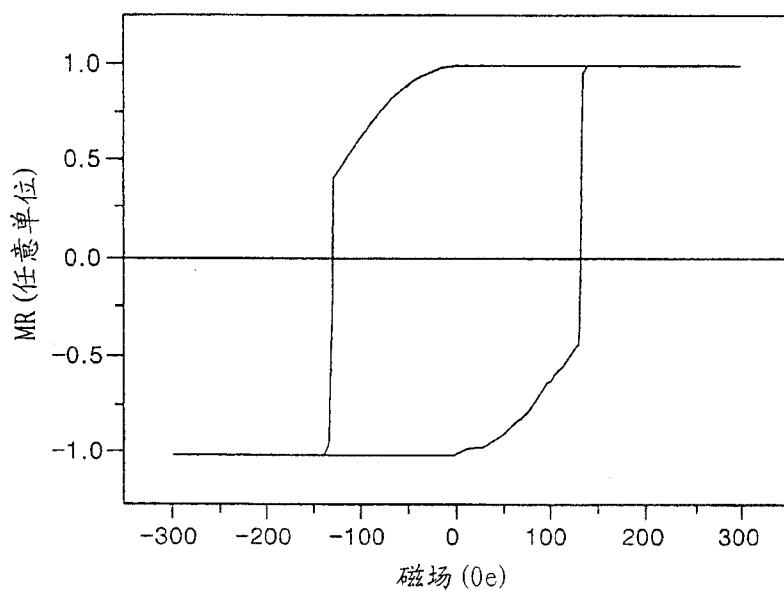


图 8