

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

G11C 11/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99118321.5

[43]公开日 2000 年 3 月 8 日

[11]公开号 CN 1246708A

[22]申请日 1999.8.27 [21]申请号 99118321.5

[30]优先权

[32]1998.8.27 [33]US [31]09/140,992

[71]申请人 惠普公司

地址 美国加利福尼亚州

[72]发明人 M·K·巴塔查赖亚

J·A·布鲁格

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

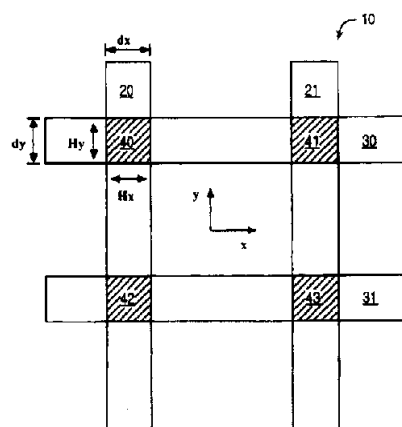
代理人 王 岳 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 用于改进响应的具有离轴基准层取向的磁存储器单元

[57]摘要

一种磁存储器单元,包括具有易轴的数据存储层和具有固定于相对易轴的离轴方向的磁化取向的基准层。尽管有在数据存储层的边缘区域的磁化效应,但是这种结构在磁存储器单元的读取操作中增强了信号可获性。此外,采用这种结构,就可以通过使用方形存储器单元结构获得高磁随机存取存储器密度。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种磁存储器单元, 包括:

具有一个易轴的数据存储层;

具有一固定在相对易轴的离轴方向上的磁化取向的基准层。

5 2. 根据权利要求 1 的磁存储器单元, 其中的方向是基本平行于在数据存储层中沿易轴磁化的矢量和数据存储层中垂直于易轴的一组磁化产生的矢量的。

10 3. 根据权利要求 2 的磁存储器单元, 其中磁存储器单元的逻辑状态的写入是通过施加一系列沿着易轴转动磁化方向的和垂直于易轴转动磁化方向的外磁场来实现的。

4. 根据权利要求 2 的磁存储器单元, 其中第一逻辑状态的写入是通过施加一系列外磁场实现的, 该外加磁场沿易轴转动磁化方向直至基本上平行于基准层的磁化取向的 x 轴, 并且垂直于易轴转动磁化方向直至基本上平行于基准层的磁化取向的 Y 轴。

15 5. 根据权利要求 2 的磁存储器单元, 其中第二逻辑状态的写入是通过施加一系列外磁场实现的, 该外磁场沿易轴转动磁化方向直至基本上反向平行于基准层的磁化取向的 x 轴, 并且垂直于易轴转动磁化方向直至基本上反向平行于基准层的磁化取向的 Y 轴。

20 6. 根据权利要求 1 的磁存储器单元, 其中它的方向的预选是根据数据存储层的厚度进行的。

7. 根据权利要求 1 的磁存储器单元, 其中它的方向的预选是根据数据存储层晶状体的各向异性进行的。

8. 一种磁存储器, 包括:

25 一系列磁存储器单元, 每个具有带易轴的数据存储层和带有固定在相对于易轴的离轴的方向上的基准层;

一组能使读取和写入到磁存储器单元上的导体。

9. 根据权利要求 8 的磁存储器, 其中它的方向基本上平行于由数据存储层中沿易轴的磁化和数据存储层中垂直于易轴的一套磁化产生的矢量。

30 10. 根据权利要求 9 的磁存储器, 其中磁存储器单元的一个特定逻辑状态的写入是通过施加一系列使用导体的外磁场来实现的, 以转动沿易轴的磁存储器单元的数据存储层的一个特定磁化方向, 并且转



动垂直于易轴磁存储器单元的一个特定数据存储层的磁化方向。

11. 根据权利要求 9 的磁存储器，其中特定一个磁存储器单元的第一逻辑状态的写入是通过施加一系列使用导体的外磁场来实现的，以转动沿易轴磁存储器单元的一个特定数据存储层的磁化方向直至基本上平行于在磁存储器单元的一个特定基准层中的磁化取向的 x 轴，并且转动垂直于易轴的磁存储器单元的一个特定数据存储层的磁化方向直至基本上平行于在磁存储器单元的一个特定基准层中的磁化取向的 Y 轴。

12. 根据权利要求 9 的磁存储器单元，其中特定一个磁存储器单元的第二逻辑状态的写入是通过施加一系列使用导体的外磁场来实现的，以转动沿易轴磁存储器单元的一个特定数据存储层的磁化方向直至基本上反向平行于在磁存储器单元的一个特定基准层中的磁化取向的 x 轴，并且转动垂直于易轴的磁存储器单元的一个特定数据存储层的磁化方向直至基本上反向平行于在磁存储器单元的一个特定基准层中的磁化取向的 Y 轴。

13. 根据权利要求 8 的磁存储器，其中的方向的预选是根据数据存储层的厚度来进行的。

14. 根据权利要求 8 的磁存储器，其中的方向的预选是根据数据存储层的晶状体的各向异性来进行的。

15. 一种用于给磁存储器单元提供改进响应的方法，其包括构成磁存储器单元的基准层的步骤，它采取了相对于磁存储器单元的数据存储层的易轴的离轴方向固定的磁化取向。

16. 根据权利要求 15 的方法，其中形成基准层的步骤包括以固定在基本平行于矢量的方向上形成基准层，该矢量是由数据存储层中沿易轴方向的磁化和数据存储层中垂直于易轴方向的一组磁化产生的。

17. 根据权利要求 15 的方法，其中形成基准层的步骤包括根据数据存储层的厚度选取方向的步骤。

18. 根据权利要求 15 的方法，其中形成基准层的步骤包括根据数据存储层晶状体的各向异性选取方向的步骤。

19. 根据权利要求 15 的方法，其中形成基准层的步骤包括：
在平行于离轴的方向上将一强磁场加到基准层上；

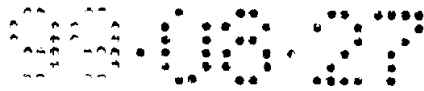
将基准层加热到高温;

在强磁场中冷却基准层,以固定基准层的磁化取向。

20. 根据权利要求 15 的方法,其中形成基准层的步骤包括:

用具有高矫顽力的材料形成基准层;

5 将一磁场加到基准层,以将基准面的磁化取向固定到离轴方向。



说明书

用于改进响应的具有离轴基准层取向的磁存储器单元

本发明属于磁存储器领域。更具体地说，本发明涉及带有具有离
5 轴取向的基准层的磁存储器单元。

磁存储器，例如磁随机存取存储器（MRAM）一般包括一簇磁存储器
器单元。每一磁存储器单元通常包括数据存储层和基准层。典型地，
磁存储器单元的逻辑状态依赖于数据存储层和基准层中的磁化相对
取向。

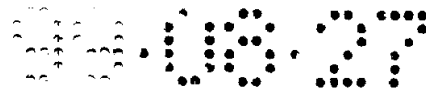
10 磁存储器单元的数据存储层通常是存储可变磁化状态的磁性材料层或薄膜。这些可变磁化状态一般包括与通常被称为数据存储层易轴平行的方向上形成的磁化。数据存储层通常在其边缘附近形成磁化，该边缘也包括垂直易轴的边缘。在垂直边缘附近形成的磁化通常被称为边缘区域。在数据存储层中最后所得到的磁化取向是在边缘区
15 域沿其易轴磁化的效应和垂直磁化的效应造成的结果。

磁存储器单元的基准层通常是其磁化是在特定方向固定或钉住的
磁性材料层。在典型的已有技术的磁存储器单元内，基准层的形成
使得其磁化固定在平行于数据存储层易轴的方向上。结果，在已有技术
磁存储器单元的基准层中的磁化取向一般平行于数据存储层的易
20 轴。

如果其数据存储层的磁化取向平行于其基准层中的磁化取向，那么
磁存储器单元一般处于低阻状态。作为对照，如果其数据存储层的
磁化取向反向平行于其基准层中的磁化取向，那么磁存储器单元一般
处于高阻状态。

25 已有技术的磁存储器单元的写入通常是通过在数据存储层施加从一个方向到另一方向沿其易轴转动磁化取向的外磁场实现的。这就引起了磁存储器单元在高和低阻状态之间切换。磁存储器单元的逻辑状态可在读取操作中通过测量其阻抗而确定。

可惜，在这种磁存储器单元中的边缘区域效应引起了数据存储层
30 中最后所得到的磁化取向从其易轴的移走。这通常减少了磁存储器单元高低阻状态间的差异并且衰减了在读取操作中可得到的信号。这种信号的衰减通常增加了磁随机存储器单元的误码率。



用于最小化边缘区域的这些负面效应的一个已有的方法是形成矩形数据存储层，其长边沿易轴。这种结构与来自边缘区的贡献相比，通常增加了易轴对最终的数据存储层中磁化的贡献。然而，这种矩形轮廓在写入操作中通常需要更多的能量来倒转数据存储层中的磁化取向，因而引起了使用这种结构的磁随机存储器单元中能量消耗的增加。除此之外，这种矩形磁存储器单元通常限制了在磁随机存储器单元中所能得到的总体存储器单元密度。

公开一种磁存储器单元，它包括具有易轴的数据存储层和具有相对易轴的离轴方向上固定的磁化取向的基准层。尽管有数据存储层边缘区域效应，但这种结构仍然增加了在磁存储器单元的读取操作中信号的可获得性。此外，利用方形结构可得到较高 MRAM 密度的结构。

本发明的其他特征和优点将由下面的详细描述而变得清楚。

参照特定典型实施例描述本发明且附图相应为：

图 1 示出了具有基准层的磁存储器单元的基本结构，该基准层带有相对其数据存储层的易轴的离轴磁化取向。

图 2 为表示具有离轴取向的磁存储器单元的基准层的顶视图。

图 3a-3b 表示了在水数据存储层中用于磁存储器单元的双逻辑状态的磁化状态。

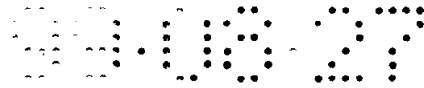
图 4a-4b 表示了用于磁存储器单元的双逻辑状态最终所得到的 M1 矢量。

图 5a-5b 表示了相对于数据存储层易轴的 M2 离轴取向效应。

图 6 为表示包括一簇磁存储器单元的磁存储器顶视图。

图 1 表示了具有基准层 54 磁存储器单元 40 的基本结构，该基准层带有相对其数据存储层 50 易轴的离轴磁化取向。相对于数据存储层 50 的易轴的基准层 54 的离轴取向角度的选择，增强了在磁存储器单元 40 上进行读取操作时信号的可获得性。

在实施例中，磁存储器单元 40 包括了数据存储层 50 和基准层 54 之间的隧道(tunnel)阻挡层 52。这种磁存储器单元 40 的结构可被称为旋转隧道器件，因为在读取操作中电荷迁移通过隧道阻挡层 52。这种通过隧道阻挡层 52 的电荷迁移是因为已知的旋转隧道现象并且它发生在读取电压施加到磁存储器单元 40 上之时。在另一实施例中，巨磁阻(GMR)结构可用于磁存储器单元 40 中。



磁存储器单元 40 的逻辑状态对应于数据存储层 50 和基准层 54 的磁化相对取向。在数据存储层 50 中的总体或最后所得到的磁化取向由矢量 M1 所代表。矢量 M1 包括来自于数据存储层 50 沿易轴和在边缘区域的磁化的贡献。在基准层 54 中的磁化取向由相对于数据存储层易轴的离轴的特定方向上固定的矢量 M2 来代表。

最后所得到的 M1 矢量依赖于磁存储器单元 40 的逻辑状态而改变。最后所得到的 M1 矢量由使用与磁存储器单元 40 有关的导体的外磁场施加所控制。这些外磁场的施加用于在包括易轴磁化和边缘区域的数据存储层 50 中翻转或转动磁化方向。

磁存储器单元 40 的逻辑状态取决于其根据 M1 和 M2 的相对取向不同所测得的阻抗。磁存储器单元 40 的阻抗可通过施加读取电压并且测量最后所得到的传感电流测得。

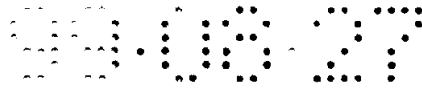
图 2 为表示磁存储器单元 40 的基准层 54 的顶视图。图 2 还表示了代表基准层 54 的磁化固定取向的 M2 矢量。M2 矢量相对于 x 轴形成了角度 θ_0 。M2 矢量为离轴，其中数据存储层 50 的易轴平行于 x 轴。

根据角度 θ_0 的磁化离轴取向 M2 可通过使用许多已知技术来实现。例如，基准层 54 可以是与抗铁磁层结合的坡莫合金层 (NiFe)，它耦合到抗铁磁层中，在该层中将角度为 θ_0 所限定的方向上的坡莫合金层中的磁化取向固定。抗铁磁材料可以是铁锰 (FeMn) 或镍锰 (NiMn) 材料。用于抗铁磁的另类材料包括 NiO, TbCo, PtMn 和 IrMn。

M2 的角度 θ_0 可以通过在平行于理想 M2 矢量的方向上施加例如 1000 奥斯特的强磁场并加热磁存储器单元 40 至例如摄氏 200 度的高温来实现。然后磁存储器单元 40 在这种磁场存在时冷却，以在平行于理想角度 θ_0 的方向上固定抗铁磁材料中的磁化取向。在退过火的抗铁磁材料和基准层 54 的坡莫合金材料间的磁交换耦合将 M2 固定在理想角度 θ_0 。

另外，基准层 54 可以是具有高矫顽力的材料，例如钴铂合金。足够强度的磁场可被施加到基准层 54 上以把磁化取向 M2 固定到理想角度 θ_0 。基准层 54 的相对高矫顽力在对磁存储器单元 40 写操作时所加的外磁场存在的条件下将阻止 M2 的切换。

图 3a-3b 表示了在水数据存储层 50 中用于磁存储器单元 40 的双逻辑状态的磁化。图 3a 表示了第一逻辑状态而图 3b 表示了磁存储器单



元 40 的第二逻辑状态. 矢量 60 代表着沿平行于 x 轴的数据存储层 50 的易轴的磁化. 一对矢量 62 和 64 代表在数据存储层 50 的垂直边缘区域的磁化. 矢量 62 和 64 垂直于数据存储层 50 的易轴并且平行于 y 轴.

5 在第一逻辑状态, 由矢量 62 和 64 所代表的边缘区域磁场处于 y 轴正方向, 而在第二逻辑状态, 边缘区域磁场处于 y 轴负方向. 与其说如在已有技术中通过沿长数据存储层试图最小化边缘区域的磁场效应, 不如使磁存储器单元 40 考虑用于角度 θ_0 选择以在读取操作中增加信号的可获得性的边缘区域磁场.

10 图 4a-4b 表示了用于磁存储器单元 40 的双逻辑状态最终所得到的 M1 矢量. 最终所得到的 M1 矢量考虑到对应于数据存储层 50 中的矢量 60-64 的磁化的贡献. 图 4a 表示了用于第一逻辑状态的 M1 矢量, 而图 4b 表示了用于磁存储器单元 40 的第二逻辑状态最终所得到的 M1 矢量.

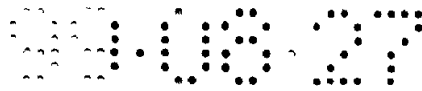
15 最终所得到的 M1 矢量在外加磁场的影响下在两个逻辑状态之间翻转. 如果角度 θ_0 和 θ_1 基本相等, 在读取操作中从磁存储器单元 40 所获得的信号就被最大化. 这就造成 M1 绕离轴转动角度 θ_0 , 并且或者平行或者反向平行于 M2.

20 磁存储器单元 40 通过施加使边缘区域矢量 62 和 64 翻转至 y 轴正方向的外磁场和通过施加使易轴矢量 60 翻转至 x 轴正方向的外磁场而写入第一逻辑状态. 这在 M1 矢量中导致了 x 轴正方向和 y 轴正方向相对于所示 x 轴有 θ_1 角度.

25 磁存储器单元 40 通过施加使边缘区域矢量 62 和 64 翻转至 y 轴负方向的外磁场和通过施加使易轴矢量 60 翻转至 x 轴负方向的外磁场而写入第二逻辑状态. 这在 M1 矢量中导致了 x 轴负方向和 y 轴负方向相对于所示 x 轴有 θ_1 角度.

图 5a-5b 表示了相对于数据存储层 50 易轴的 M2 离轴取向效应. 这些效应根据数据存储层 50 的晶状体各向异性值 (HK) 和数据存储层 50 厚度的不同而不同.

30 图 5a 表示了用于区分 HK 值的数据存储层 50 的角度 θ_0 和厚度之间的关系. 系列曲线 80-82 描绘了分别在 5、20 和 100 奥斯特的 HK 值时的最佳固定角度 θ_0 . 曲线 80-82 可用于在数据存储层 50 于给定



厚度和给定 HK 值时选择最佳的固定角度 θ_0 。

图 5 b 表示了从磁存储器单元 40 获取的读取信号与在用曲线 80 - 82 所选择的最佳固定角 θ_0 处不同的数据存储层 50 HK 值时的数据存储层 50 厚度的关系。系列曲线 90 - 92 分别代表 100、20 和 5 奥斯特的 HK 值。

方向 dx 和 dy 的选择基本相等并且构成了用于数据存储层 50 的方形。数据存储层 50 的方形与当使用矩形存储器单元时可获得密度相比，增加了可在磁随机存取存储器中获得的密度。之所以如此是因为，对于给定的最小化特征尺寸，方形磁存储器单元在给定的基板面积上可比矩形磁存储器单元形成更多。

图 6 为表示包括一簇包含磁存储器单元 40 和另外的磁存储器单元 41 - 43 的磁存储器单元的磁存储器 10 的顶视图。磁存储器 10 也包括一簇导体 20 - 21 和 30 - 31，它们控制对磁存储器单元 40 - 43 读和写。导体 30 - 31 是上部导体而导体 20 - 21 是正下面的导体。每一磁存储器单元 40 - 43 具有 dx 和 dy 轴向。

磁存储器单元 40 - 43 的逻辑状态是通过将电流到导体 20 - 21 和 30 - 32 上来控制的。例如，加到导体 30 的 x 轴正向的电流根据右手规则引起数据存储层 50 的 y 轴正向的磁场 (H_y+)。加到导体 30 的 x 轴负向的电流引起数据存储层 50 的 y 轴负向的磁场 (H_y-)。类似地，加到导体 20 的 y 轴正向的电流引起了数据存储层 50 的 x 轴正向的磁场 (H_x+)，而加到导体 20 的 y 轴负向的电流引起了数据存储层 50 的 x 轴负向的磁场 (H_x-)。这些感生的磁场 H_x+ ， H_x- ， H_y+ 和 H_y- 可被用来改变矢量 60 - 64 的方向，因而改变了磁存储器单元 40 的逻辑状态。

本发明上述的详细描述目的是为了说明，并不意味着穷举或限制本发明公开的特定实施例。因而，本发明的范围应由所附的权利要求书来限定。

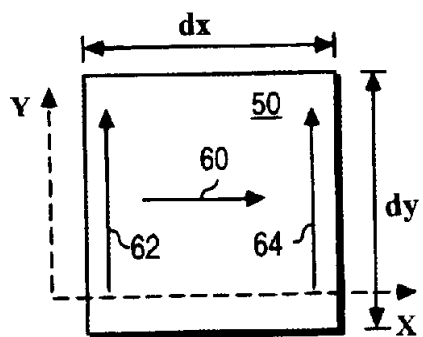
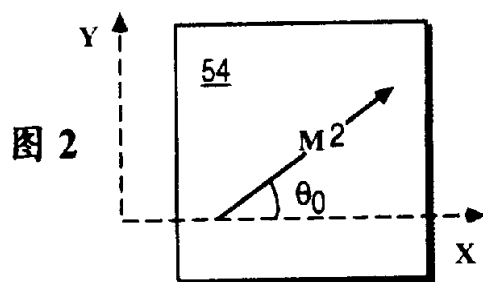
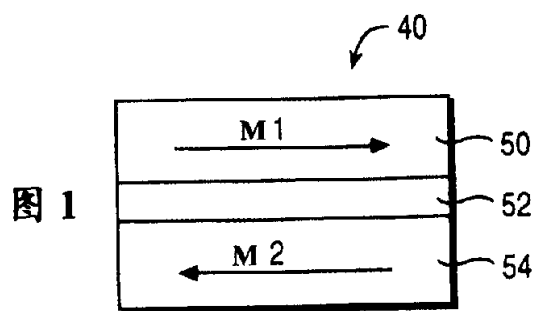


图 3a

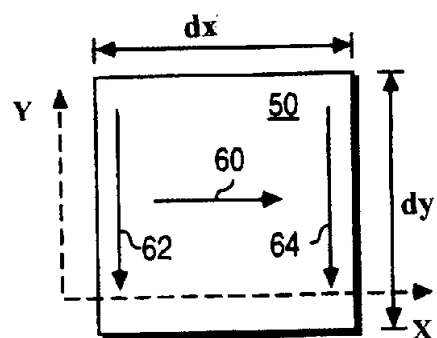
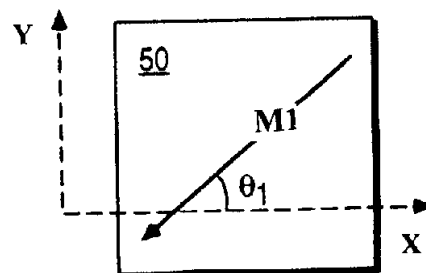
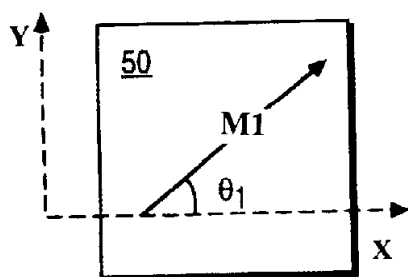


图 3b



99.08.27

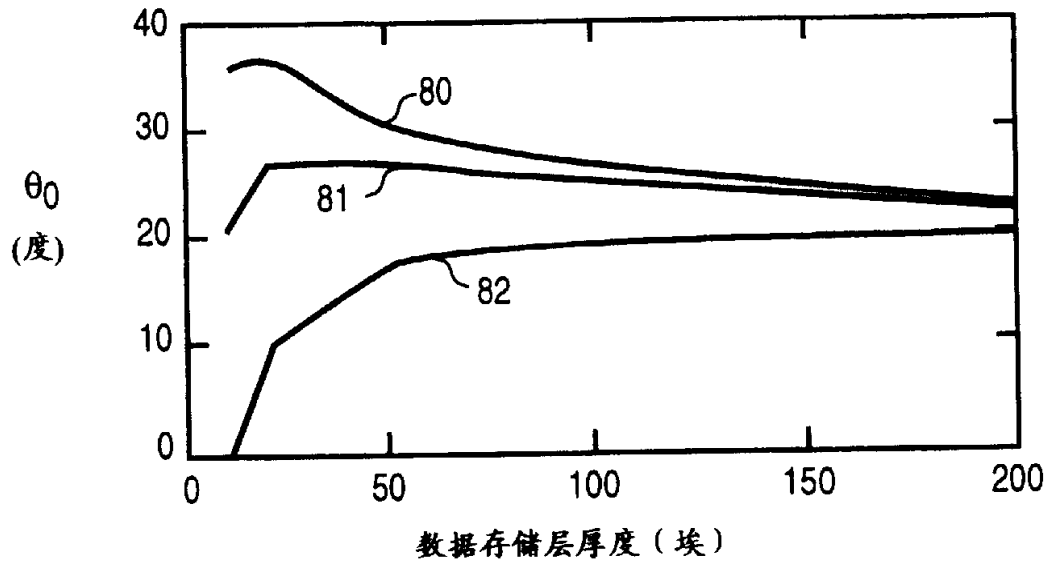


图 5a

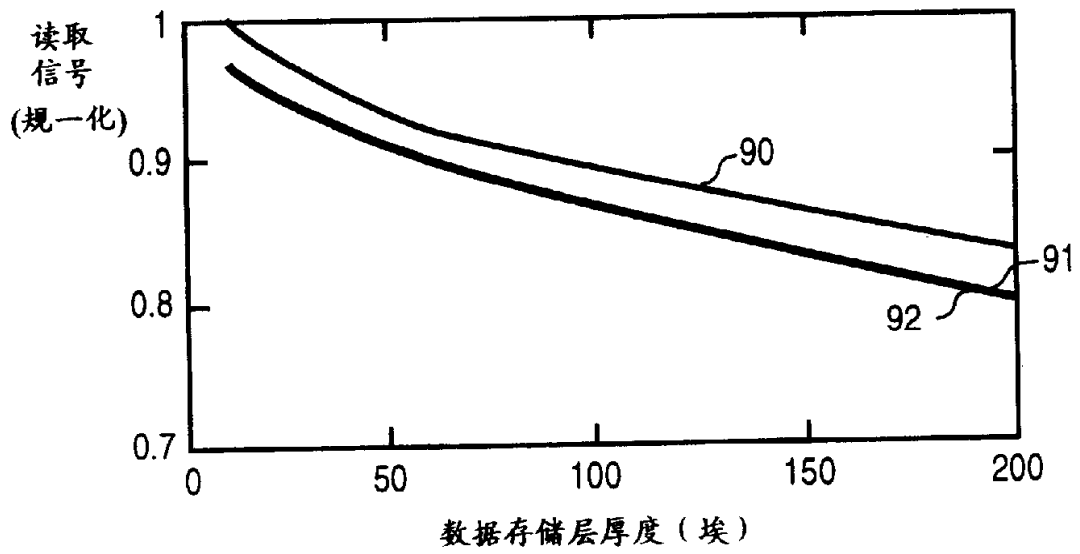


图 5b

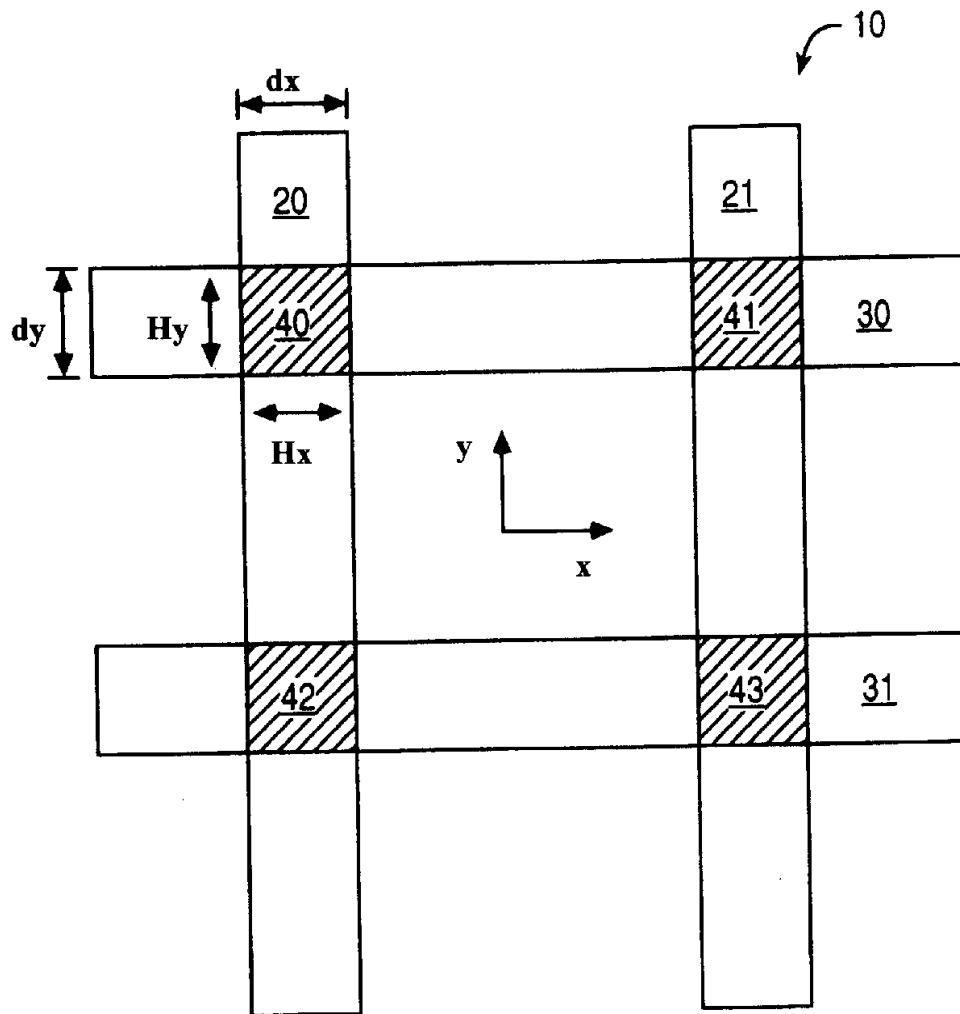


图 6