

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02149902.0

[51] Int. Cl.

G11B 7/24 (2006.01)

G11B 9/08 (2006.01)

G11C 11/42 (2006.01)

H01L 27/10 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年4月1日

[11] 授权公告号 CN 100474421C

[22] 申请日 2002.10.30 [21] 申请号 02149902.0

[30] 优先权

[32] 2001.10.30 [33] US [31] 09/984419

[73] 专利权人 惠普公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 G·A·吉布森

[56] 参考文献

US5923581A 1999.7.13

JP11-120634A 1999.4.30

JP62-246158A 1987.10.27

US4090031A 1978.5.16

审查员 孙蓉蓉

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 梁永

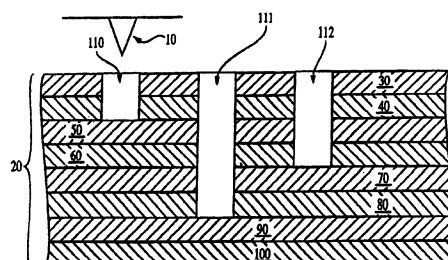
权利要求书1页 说明书15页 附图5页

[54] 发明名称

基于电流分配的存储装置

[57] 摘要

数据存储媒体(20)包括多个叠层(30、40、50、60、70、80、90、140、160、180)。叠层(30、40、50、60、70、80、90、140、160、180)可以是导电的、绝缘的、电阻的、或者能够在两种或多种状态或相之间改变。数据存储装置还包括数据存储媒体(20)和可以在数据存储媒体(20)的区域中形成纳米级数据比特(110、111、112、113、150)的能源(10)。数据比特(110、111、112、113、150)可以包括贯穿一些叠层(30、40、50、60、70、80、90、140、160、180)的孔,或者在能够在两种或多种状态之间改变的层的部分中的相变。另外,一种利用这种存储媒体(20)以存储纳米级数据比特(110、111、112、113、150)的方法。



1. 一种数据存储装置，包括：

数据存储媒体（20），它包括一个交替的导体层（30、50、70、90）和绝缘层（40、60、80、100）的叠层，使得所述导体层（30、50、70、90）中的第一导体层（30）位于所述存储媒体（20）的表面上；

放置在所述数据存储媒体（20）的表面上方的能源（10）；

多个纳米级存储区（110、111、112），延伸穿过所述第一导体层（30）和一个或多个所述绝缘层；和

读取电路（35、120），用于在所述存储媒体的表面被所述能源（10）扫描时检测每个导体层中的电流，和根据在每个导体层中检测到的每个电流为所述多个纳米级存储区选择一个要存储的值。

2. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于，所述绝缘层中的至少一个（140）包括一个第一区和一个第二区，所述第一区包括相变材料；所述第二区包括电阻材料，所述电阻材料的电阻率值为所述相变材料的第一状态和所述相变材料的第二状态的电阻率值之间的一个值，其中所述第一状态是晶相并且所述第二状态是非晶相。

3. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于，所述绝缘层中的至少一个（40、140）包括绝热材料。

4. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于，所述能源包括场发射体、Spindt发射体和肖特基发射体中的至少一个。

5. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于，所述绝缘层中的至少一个（140）包括相变材料。

6. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于，所述绝缘层中的至少一个（140）包括两种不同的相变材料。

7. 如权利要求1所述的数据存储装置，其特征在于含有两个以上的导体层（30、50、70、90），所述多个纳米级存储区可以存储比二进制值更高阶的数据比特值。

基于电流分配的存储装置

技术领域

本申请涉及2000年12月1日提交的题为“基于二极管、阴极射线电导率和阴极射线发光的数据存储媒体的AFM型式”授予Gary Gibson申请号为09/726621的美国专利申请；涉及2001年2月15日提交的题为“用于在扫描探针和存储媒体之间传导电流的方法”授予Gary Gibson申请号为09/783008的美国专利申请；涉及授予Gary Gibson与本申请同时提交的题为“用于原子分辨率存储的存储装置的辅助能源”的美国专利申请。这些申请的全部通过引用结合到本文中。

技术背景

本发明一般涉及用于超高密度数据存储装置的存储媒体。

近来，科学家一直在开发备选的超高密度数据存储装置和可用于操作超高密度数据存储装置的技术。这些装置和技术将数据比特储存在纳米级大小的存储区中并具有传统数据存储装置所没有的优点。这些优点中尤其包括对数据比特更快的访问，每比特更低的成本以及能够制造更小的电子器件。

图1示意了根据相关技术的超高密度存储装置配置。该配置中包括被分成许多存储区的存储媒体1。这些存储区被示意为存储媒体1上的正方形，每个储存区能够储存一个数据比特。

图1中示意了两种类型的储存区。一种类似的储存区包括一般储存表示值“0”的数据比特的非修改区2。另一类型包括一般储存表示值“1”的数据比特的修改区3。任意两个储存区之间典型的周期性范围在1和100纳米之间。

图1还从概念上示意了位于存储媒体1之上的发射体4，以及发

射体 4 和存储媒体 1 之间的间隙。发射体 4 能够发射电子束，并被配置在可移动发射体阵列支架 5（也被称为“微移动架”）之上，该支架可支持成百上千个并联结构的发射体 4。如发射体阵列支架 5 的顶面上的线从概念上说明的，发射体阵列支架 5 提供到各发射体 4 的电连接。

发射体阵列支架 5 可以相对于存储媒体 1 移动发射体 4，从而允许各发射体 4 扫描存储媒体 1 上的许多存储区。或者，存储媒体 1 可以被放置在相对于发射体阵列支架 5 移动存储媒体 1 的平台上。平台的移动可以用静电、磁性或者通过利用压电方式启动。但是，不论是支架 5 或是存储媒体 1 移动，发射体阵列支架 5 相对于存储媒体 1 的运动范围可以足够大，从而允许各发射体 4 在存储媒体上移动并访问上万个甚至上百万个数据存储区中的数据比特。

随着发射体 4 相对于存储媒体 1 移动，发射体 4 可以利用高功率密度或低功率密度电子束照射存储媒体 1 表面上的纳米级存储区。当发射高功率密度射束时，射束可以局部改变照射区域的材料特征。例如，高功率密度射束可以在照射区中产生缺陷，或者可以局部加热结晶区，使得之后该区域冷却到同一材料的非晶相。通过这些和其他过程，可以改变照射区的状态（相），并且发射体 4 可以将“1”数据比特写入存储媒体 1。

当发射低功率密度电子束时，该束不再具有足够的功率来改变材料特征或者照射区的状态。因此，不发生写操作。取而代之，通过监视射束中电子的路径，或者照射区域上射束中的电子效应，可以发生读操作。如下所述，监视电子的路径和/或电子与照射区的相互作用可以确定低功率密度射束是否正照射存储媒体 1 的某个区域，该区域先前已被“写入”并且现在包括“1”数据比特。

具体地说，为了确定正在照射的是“1”数据比特还是“0”数据比特，存在多个选项。这些选项之一涉及监视一段时间中从照射区域反向散射的电子束的数量，其中当“1”数据比特包括非晶相材料并

且“0”数据比特包括同一材料的晶相时，该选项证明是有用的。

因为同种材料的非晶相和晶相具有不同的反向散射电子系数（BEC），当同一低功率密度射束照射各个数据比特时，存储媒体 1 中的“1”和“0”数据比特反向散射不同数量的电子。因此，当低功率密度电子束照射某个给定区域时，通过监视从该区域反向散射的电子的数量，有可能确定该区域包括的是“0”数据比特还是“1”数据比特。

在授予 Gibson 等人的美国专利号 No.5557596 中公开（Gibson 的 596）了上述超高密度数据存储装置的一些特定实施例，该专利内容全部通过引用结合到本文中。除了论述反向散射电子读取技术和涉及将非晶数据比特写入结晶存储媒体 1 中的技术之外，Gibson 的 596 专利也讨论各种其他的写入和读取方法。

发明内容

一种数据存储装置，它包括数据存储媒体；位于数据存储媒体附近的能源；以及贯穿第二层的某个部分的纳米级数据比特，其中的数据存储媒体包括位于存储媒体表面的第一层以及在第一层和第三层之间的第二层。

一种存储数据的方法包括提供数据存储媒体，通过用高功率密度射束照射存储媒体来将纳米级数据比特写入第二层，以及通过用低功率密度射束照射数据存储媒体来读取数据比特，其中的数据存储媒体包括在存储媒体表面上的第一层以及在第一层和第三层之间的第二层。

如上所述，根据本发明，提供一种数据存储装置，包括：

数据存储媒体，它包括一个交替的导体层和绝缘层的叠层，使得所述导体层中的第一导体层位于所述存储媒体的表面上；

放置在所述数据存储媒体上方的能源；

多个存储区，延伸穿过所述第一导体层和一个或多个所述绝缘

层；和

读取电路，用于在所述存储媒体的表面被所述能源扫描时检测每个导体层中的电流，和根据在每个导体层中检测到的每个电流为所述多个存储区选择一个值。

附图说明

本发明将通过例示进行描述，例示实施例的描述是具体参考附图进行的，其中：

图 1 示意了根据相关技术的超高密度数据存储装置配置的顶部透视图。

图 2 示意了根据本发明的第一实施例的数据存储装置的横断面视图。

图 3 示意了根据本发明的第一实施例的数据存储媒体的剖面顶部透视图。

图 4 示意了数据存储装置的横断面视图，其中的存储媒体包括两个导体层和位于导体层之间的相变层。

图 5 示意了图 4 中数据存储装置的横断面视图，其中在相变层中已形成不同于相变层的剩余部分的状态的某个状态的数据比特。

图 6 示意了包括多个导体层和多个相变层的数据存储装置的横断面视图。

具体实施方式

图 2 示意了根据本发明的某些实施例的数据存储装置的横断面视图。该装置包括位于数据存储媒体 20 之上的能源 10。数据存储媒体 20 包括导体层 30、50、70、90 和绝缘层 40、60、80、100 的顺序层叠。数据存储媒体 20 包括但不限于：第一导体层 30、第一绝缘层 40、第二导体层 50、第二绝缘层 60、第三导体层 70、第三绝缘层 80、第四导体层 90 和第四绝缘层 100。

图 2 还示意了三个数据比特 110、111、112。第一个数据比特 110 包括贯穿第一导体层 30 和第一绝缘层 40 的开口或孔。第二个数据比特 111 包括的孔不仅贯穿第一导体层 30 和第一绝缘层 40，还贯穿第二导体层 50、第二绝缘层 60、第三导体层 70 以及第三绝缘层 80。第三数据比特 112 的孔贯穿第一导体层 30、第一绝缘层 40、第二导体层 50，以及第二绝缘层 60。

图 3 示意了根据本发明的某些实施例的数据存储媒体 20 的剖面部分的顶部透视图。如图所示，代表性的数据比特 113 的孔贯穿多个导体层 30、50、70 以及多个绝缘层 40、60、80。孔的截面直径以及数据比特的大小，可以在纳米级或者微米级，当然更大的孔也在本发明的范围之内。

图 3 还示意了一组电流表 120，每个电流表电连接到导体层 30、50、70。每个电流表 120 可以电浮置，以向其连接的导体层 30、50、70 提供偏压，并且允许监视从导体层 30、50、70 流向它所连接的位置的电流。电流表 120 可以与本发明的许多实施例一起使用。

可以用作图 2 和图 3 所示的数据存储媒体的部分的导体层 30、50、70 和绝缘层 40、60、80、100 的数量没有上限。但是，本发明的某些实施例要求至少出现第一导体层 30、第一绝缘层 40 和第二导体层 50。

能源 10 可以包括光能源、热能源和/或电子束形式的能源。提供电子束的能源 10 可以以装置的形式出现，例如但是不限于诸如 Spindt 发射体的场发射体或诸如 Schottky（肖特基）发射体的热辅助场发射体。能源 10 一般被放置在最接近数据存储媒体 20 之处（例如 1 到 10000 纳米之内）。但是能源 10 和数据存储媒体 20 可以间隔更大或者更小的距离。

尽管图 2 中只示意了一个能源 10，但是可以将许多能源 10 放置在最接近数据存储媒体 20 的表面之处的部件上，所述部件的例示为上述发射体阵列支架 5，但并不限于此。另外，可以将图 2 中未示出，但一般发射不同于电子束能量的能量的一个或多个辅助能量发射体

放置在能源 10 的附近。能源 10 和辅助能量发射体可以相对于存储媒体 20 移动。但是，它们并不受限于 Gibson 的 596 专利中公开的发射体阵列支架 5 的移动距离限制。

还可以将辅助能源放置在存储媒体 20 附近（例如在其之下）。这种辅助能源可以被用于偏置存储媒体 20 的某一区域的温度，从而使得主能源更加容易地写入比特，同时仍然保持高分辨率。

导体层 30、50、70、90 可以包括诸如，但不限于金属的导电材料，并且可以随意地薄（例如两到三个纳米或更少），只要形成连续层即可。导体层 30、50、70、90 还可以随意地厚（例如 100 纳米或更多），只要能源 10 或辅助能量发射体可以通过用高功率密度能量束照射而形成贯穿这些层的孔，如以下将论述的。

绝缘层 40、60、80、100 可以包括诸如，但不限于半导体和陶瓷的绝缘材料，并且一般至少有足够厚度以确保形成连续层。另外，可以选择厚度，以确保提供相邻导体层 30、50、70、90 之间的电绝缘。因此，可以利用至少两个纳米厚度的绝缘层 40、60、80、100，尽管更厚的层，比如 100 纳米或更厚的层，一般用于确保电绝缘。另外，一般还这样选择绝缘层 40、60、80、100，使其足够薄，以确保能源 10 或辅助能量发射体可以通过用高功率密度能量束照射而形成贯穿这些层的孔。

绝缘层 40、60、80、100 可以包括一旦形成孔就回缩的材料。例如，当能源 10 用高功率密度能量束照射数据存储媒体 20，并且形成贯穿第一导体层 30 和第一绝缘层 40 的孔时，可以选择第一绝缘层 40 中的材料收缩，从而有效地扩大该孔。可以通过例如选择合适的材料，或者使第一绝缘层 40 处于拉伸状态并且允许内部应力随孔的扩张而减缓，从而促进这种收缩行为。

或者，可以通过写能源 10 或辅助能量发射体使材料蒸发或升华，只要材料不会沉积在妨碍装置工作的位置上（例如在能源 10 上）。另一备选方案是利用被能源 10 熔化然后由于表面张力或毛细作用，

从侧面流走的绝缘材料来形成孔。还有另一备选方案是写能源 10 在材料中产生裂化，或者是在读操作期间以允许更多电子到更深的电极的方法使所述材料多孔化。例如可以通过能源的加热导致差异收缩，或者通过蒸发或升华引起裂化。

可以将绝缘层 40、60、80、100 选择为电绝缘和/或热绝缘。为绝缘层和导体层适当地选择热属性，可以被用于尽量减小产生的孔的大小，同时还使写孔所需功率最小。

可以形成贯穿数据存储媒体 20 的两个、四个、六个、或者更多层的数据比特 110、111、112、113。可以通过用高功率密度能量束充分加热存储媒体 20 的层，从而导致层中一些材料局部蒸发或升华，以形成数据比特 110、111、112、113。由于由大量粒子（例如经受激电子解吸的电子）组成的高功率密度能量束的照射，数据比特 110、111、112、113 还可以通过材料的直接烧蚀而形成。孔还可以经熔化以及材料的流动而形成。

选择具有低熔点、低蒸发温度和/或在低温下的高蒸汽压的绝缘层材料和/或导体层材料可以有助于孔的形成，从而可以降低形成数据比特 110、111、112、113 所需的功率密度。选择具有适当润湿性的绝缘和导体层的组合也可以促进数据比特 110、111、112、113 的形成。

可以选择能够利用能量束照射存储媒体 20 的能源 10 和辅助能量发射体，从而在数据存储媒体 20 的表面上产生微米大小的点。但是，也可以选择更大或纳米级的能量的点大小。

可以操作能源 10 和辅助能量发射体，以产生高功率密度射束或者低功率密度射束。所选射束功率密度的大小确定是能源 10 或辅助能量发射体被用于读还是写数据比特 110、111、112、113。

根据某些实施例，辅助能量发射体发射诸如光或热能的能量类型的高功率密度，以在存储媒体 20 中形成孔，然后在读操作期间，能源 10 发射低功率密度电子束。根据这些实施例，可以例如通过近场光束进行写操作。

当能源 10 利用低功率密度电子束照射数据比特 110、111、112、113 时，没有形成孔。而是可以发生读操作。更具体地说，如果低功率密度电子束中的电子能够移动到特定导体层 30、50、70，则将在该层中产生信号电流。

但是，如果低功率密度电子束中的电子被绝缘层 40、60、80 阻挡，则在阻挡绝缘层 40、60、80 下的导体层 50、70、90 中将检测到非常少或者基本检测不到信号电流。尽管射束电流的一小部分可能穿透最顶层或者未去掉的层，但是电子束穿透多远是射束能量的函数。如果利用低射束能量，那么穿透下一导体层的电流将是可忽略不计的。

因此，通过监视每个导体层 30、50、70 中的信号电流量，有可能确定哪个导体层 30、50、70 是离仍然正用电子照射的能源 10 距离最远的。应该注意，到各导体层 30、50、70 的偏置电压的明智应用可以优化在最底曝露层所收集的信号电流，同时在没有读电子束的层之间没有导致太大的泄漏电流。

当在图 3 中的数据存储媒体 20 上执行读操作时，如果只有第一导体层 30 中具有监测到的信号电流，则在低功率密度电子束照射之处以下的数据存储媒体 20 的任何层中还未形成孔。因此，可以为所读的数据比特分配诸如“0”的值。如果第一导体层 30 和第二导体层 50 中各自具有监测到的信号电流，则已形成局部地贯穿第一导体层 30 和第一绝缘层 40 的孔，因此可以给数据比特分配诸如“1”的值。当在写过程期间局部去掉了其它层，则出现高位数据比特，并且可以给其分配诸如“2”、“3”等的值。因此，本发明的数据存储媒体 20 不限于存储二进制数据。

在使用能源 10 和辅助能量发射体的实施例中，通常来说，不以低功率密度模式利用辅助能源。

但是，本发明的某些实施例确实利用低功率密度辅助能源，以从存储媒体 20 读取数据比特。根据这些实施例，各个导体层 30、50、

70、90 可以用光电导材料代替。然后，可以沿各个光电导体层的长度施加偏压，并且可以监视层的光电导率（例如，在一端施加偏压，可以在另一接地端测量信号电流）。接下来，如果低功率密度光束到达特定光电导层，则射束增加沿着该层流过的电流，提供信号。

或者，导体层可以被以不同波长发光的荧光层代替。然后，一个或多个光束可以被用于激发荧光并且可以从发射的光谱确定所写比特的深度。另外，上述检测方案还可以与电子束一起使用，所述电子束利用例如阴极射线电导率和阴极射线发光而不是光电导率和荧光。

图 4 示意了根据本发明的其他实施例的数据存储装置，其中，不形成贯穿任何层的孔。图 4 所示装置包括微移动架 5、能源 10、存储媒体 20 和连接到存储媒体 50 的电子仪器 35。存储媒体 20 包括第一导体层 30、第二导体层 50 以及在第一导体层 30 和第二导体层 50 之间的相变层 140。该装置还可以包括多于一个的能源 10 以及一个或多个能源 10 附近的辅助能量发射体（未示出）。

图 5 示意了相变层 140 在经过其部分材料中的局部状态变化之后的图 4 中的装置。这些状态变化部分被表示为与第一导体层 30 相邻的数据比特 150。数据比特 150 可具有纳米级直径、微米级直径，或者可能更大的直径，并且可以随着来自能源 10 和/或来自辅助能量发射体的高功率密度能量束照射存储媒体 20 的局部区域而形成。另外，不用辅助发射体，一个或更多电阻加热单元能够被用于加热例示存储媒体的各部分。这些加热单元应提供足够的局部热量，以辅助主局部热源，但是不应提供足够由其自身进行写操作的热量。

相变层 140 可包括能够随着高功率密度射束的照射，从第一状态（例如晶相或具有少量结构缺陷的状态）改变到第二状态（非晶相或具有许多结构缺陷的状态）的相变材料。根据某些实施例，相变层 140 中数据比特 150 的电阻率随材料的状态而变。

相变层 140 可以包括诸如，但不限于锗碲锑（GeTeSb）合金的硫族化物合金。在其第一状态到第二状态之间具有低过渡温度的材料可

以被用作相变层 140 的部分，从而减少来自照射高功率密度能量束以将材料从第一状态变换到第二状态所需的功率。

尽管上文只论述了具有两种状态的材料，但是具有两种以上状态的材料也在本发明的范围内。这些材料如果用作相变层 140 的部分，可以将更高位数据比特 150 写入到存储媒体 20 中。

可以选择包括在相变层 140 中的一种或多种材料，使之在至少一种状态中是非均质导电的。在一种状态中非均质导电的材料的一个优点在于防止在进行读操作时数据比特 150 之间的交扰。根据某些实施例，选择相变层 140，使之在其较大电阻状态中是非均质的，并且具有较低的面内电导率。另外，为了使比特之间的交扰最小，本发明的一些实施例也最小化了相变层的厚度和/或相对于比特直径的比特深度和/或比特之间的间距。

第一导体层 30 和第二导体层 50 可以包括诸如，但不限于在写过程期间不容易被损坏的耐熔金属的任何导电材料。第一导体层 30 和第二导体层 50 还可以包括在读过程期间更容易被入射电子穿透的低原子序数和/或低质量密度成分。这些成分可以被沉积为非常薄的层（例如，作为具有 100 纳米、10 纳米，或更少纳米级厚度的膜），从而使得照射存储媒体 20 的诸如电子束的能量束相对容易地穿过层 30、50。但是，更薄的层 30、50 也在本发明的范围内。

第一导体层 30 和第二导体层 50 可以被连接到如图 4 所示的电子仪器 35。电子仪器 35 可以是提供监视流经第一导体层 30 和第二导体层 50 的电流的能力的任何配置。尽管图 4 和图 5 中示意了测量相对电流的差动放大器，但不总是希望测量第一导体层 30 和第二导体层 50 收集的电流差。在某些情况下，例如简单地测量离表面最远的导体层收集的电流可能更好，特别是如果该电流比顶部导体收集的电流小的情况下更是如此。否则，顶部导体电流中的噪声可能淹没该信号。在这些情况下，使用其他类型的电子仪器 35。

束流光学装置可以用于将来自能源 10 和/或辅助能量发射体的能

量束集中在存储媒体 20 的纳米或微米级区域。该光学装置还可以用于聚焦诸如图 2 和 3 所示装置的射束。但是，它们经常不是必须的，因为能量束自身可以具有非常小的直径，并且在存储媒体最靠近的地方，从而受益于近程聚焦。

如上所述，在图 4 和图 5 中示意的数据存储装置的写操作涉及用高功率密度能量束照射数据存储媒体 20。因为可以这样制造第一导体层 30，使其可以被能量束穿透，所以射束改变相变层 140 的局部部分的状态，并形成数据比特 150。然后在读操作期间确定照射区域中是否出现数据比特 150。

或者，写射束能够加热顶部导体层 30 而不穿透相变层 140。然后热的导体层 30 将导致相变层 140 变热并且随着热量将从导体层 30 流向相变层 140 而被修改。在这些实施例中，导体层 30 应可以承受比改变相变层 40 的状态所需温度高得多的温度。另外，导体层 30 的热薄膜电阻应该相当大，使得导体层 30 不会导致相变层 140 的受热区域大小的侧向扩张。

在读操作期间，能源 10 可以用穿过第一导体层 3 但不改变照射区域的局部结构的低功率密度电子束照射存储媒体 20。或者，大部分的低功率密度电子束的电子可以被注入导体层 30、50 之间。

当利用足够高的射束能量时，来自读射束的注入电子可以使得流入导体层 30、50 的电流相等。但是，当利用较低能量时，到达底部导体层 50 的电流将比到达顶部导体层 30 的电流低。因此，在本发明的一些实施例中可能需要监视到达底部导体层 50 的电流。在导电数据比特 150 下面的电流可以非常小，而在没有数据比特 150 的地方该电流可以较大。但是，一般来说，底部导体层 50 中的电流将比顶部导体层 30 中的电流更小，因为顶部导体层 30 一般吸收大量入射束。

换句话说，除其他因素以外，以给定深度注入在导体层 30 和 50 之间的电子的数量将取决于各导体层 30、50 的厚度和质量密度、相变层 140 的厚度和质量密度以及射束的能量和强度。例如，当导体层

30、50 保持相同的电势，并且被放置在具有统一状态并且不包括任何数据比特 150 的相变层的任一侧，以深度 z 注入的电子将以某中比率行进到导体层 30、50，该比率是从深度 z 到每个导体层 30、50 的电阻的反比。这样，一半的注入在导体 30 和 50 之间一半深度的电子将行进到各个导体层 30、50。另一方面，以深度为导体层 30、50 之间距离的 $1/4$ 注入的电子将被分流，使得 $3/4$ 的电子行进到导体层 30，而另外 $1/4$ 的电子行进到另一导体层 50。

在图 5 的相变层 140 中，注入在相变层 140 的中间部分的电子不再使整个相变层 140 具有固定电阻率。相反，包括第二状态材料的局部区域的数据比特 150，可以具有较高或者较低的局部电阻率。这种现象改变了相变层 140 中从数据比特 150 附近的任何特定点到各个导体层 30、50 的总电阻值。另外，相变层 140 中在特定点注入的电子将以某种比率行进到导体层 30、50，该比率是该点和各个导体层 30、50 之间的总电阻的反比。

如果图 5 中所示的数据比特 150 的电阻小于相变层 140 的剩余部分的电阻，则较少的注入电子将行进到第二导体层 50，并且电子仪器 35 将在第二导体层 50 中检测到较低电流。如果第二电极 60 附近的数据比特 150 的电阻大于相变层 140 的剩余部分中材料的电阻，则反之亦成立。因此，通过局部照射在相变层 140 表面上纳米 - 或微米直径的横截面区域，有可能确定照射电子是否入射在数据比特 150 上。因此，可以检测数据比特 150 并且可以从存储媒体 20 通过电子仪器 35 读取数据。

应该注意，这里利用的是在其最广泛意义上的电阻概念，指的是所有影响电子在存储媒体 20 中如何流动的物理现象的集合，以及确定它们行进到哪个导体层 30、50 或电极。例如，在非常短的长度规，大约为电子的平均自由程上，该物理现象集合与以较长长度规的稍有不同。这样，用于非常小的数据比特 150 的读过程的物理仪器与用于较大比特 150 的物理仪器可以有稍许不同。还应该注意，如果数据比

特 150 的出现产生到导体层 30、50 的更大或更小电阻接口，则可以获得行进到各导体层 30、50 的入射电流的部分中的差异。例如，在某一状态（写入或未写入）相变层 140 材料可以在与导体层 30、50 的接口处形成肖特基势垒、带电接口、或者其他一些类型的能垒。这种形成可以影响行进到导体层 30、50 的电子的概率。

根据本发明的其他实施例（未示出），可以将相变层和电阻层放置在顶部导体层和底部导体层之间。电阻层的电阻率可以被固定在相变层的晶态和非晶态电阻率之间的中间值。这种配置的应用可以提高相变层的写入和未写入区域之间的信号差异。

图 6 示意了根据本发明的数据存储装置的另一个实施例。图 6 所示的装置包括可放置在微移动架 5 上的能源 10，并且还可以包括数据存储层 20，层 20 本身包括几个导体层 30、50、70、90 之间的几个相变层 140、160、180。

可以用图 4 和 5 所示的装置操作类似的方式，对离图 6 所示装置中的能量发射体 10 最近的三层 30、140、50 进行操作。例如，图 6 左侧的数据比特 150 包括第二状态下的局部材料区域，该区域部分贯穿第一状态下的相变层 140。当用低功率密度电子束照射时，可以再次通过监视第一导体层 30 和第二导体层 50 中信号电流的相对强度来检测数据比特 150。

但是，图 6 中的装置包括附加相变层 160、180，附加导体层 70、90，以及数据比特 155、157，这些数据比特完全贯穿第一相变层 140 并且部分贯穿至少一个另外的相变层 160、180。在备选实施例中，数据比特 155、157 不改变上存储层状态。图 6 中的装置可以改变流到与相变层相邻的两个导体层的信号电流的比率中的差异，所述相变层包括离第一相变层 140 最远的数据比特 150、155、157 的部分。

在操作中，一个或多个能源 10 或辅助能量发射体可以被用于用高功率密度能量束照射存储媒体 20。这些射束可以穿透存储媒体 20 的多个层，取决于各层的材料特性、射束能量等，并且因此可以将状

态层 140、160、180 的部分从第一状态转变到第二状态，从而写入数据比特 150、155、157。

在读操作期间，能源 10 可以发射可穿透存储媒体 20，并且可将电子注入所示任何相变层 140、160、180 的低功率密度电子束。一旦电子被注入相变层 140、160、180 的未改变部分中或附近，电子的行为与图 4 所示的电子类似，并且可以检测相变层的未写入部分。

当电子注入到相变层 140、160、180 的第二状态部分中或附近，在最近的上覆盖导体层和最近的下覆盖导体层之间完全延伸时，电子的行为与完全没有第二相变部分时类似。实际上，没有路径会因为第二状态部分的出现而成为相对最佳的，并且电子将行进到任何相邻导体层，就像它们在没有第二状态部分时行进的一样。

但是，当电子注入到具有仅部分贯穿相变层的第二状态材料的相变层 140、160、180 中时，电子的行为与图 5 所述的电子类似，并且可以检测数据比特 150、155、157。

当从图 6 所示的存储媒体 20 读取时，在所有相邻导体层对就象它们被未写入相变层包围一样表现时，检测到“0”数据比特。当第二状态材料仅部分贯穿上相变层 140 时，这可表示出现数据比特 150 并可读作“1”数据比特。当检测到仅部分贯穿第二导体层 50 和第三导体层 70 之间的相变层 160 的第二状态材料时，可能出现贯穿整个第一相变层 140 并仅部分贯穿第二相变层 160 的数据比特 155，并被读作“2”数据比特。“3”数据比特 157 将检测为仅仅部分贯穿第三导体层 70 和第四导体层 90 之间的相变层 180 以及其上所有相变层 140、160 的第二状态材料。

还可能通过只利用在一对导体层之间的单个相变存储层来记录非二进制数据比特。这可以通过改变状态改变了的存储层的部分来完成。例如，“1”数据比特可以贯穿存储层的三分之一距离，而“2”数据比特可以贯穿存储层的三分之二距离。这样，不同数据比特的电流部分不同，并且相邻导体层中检测到的电流差可用来确定数据比特

的值。

图 4-6 中所示的装置可以是可重写的，也可以是不可重写的，取决于相变层 140、160、180 中第一状态和第二状态之间的变化是否可逆。如果状态变化是可逆的，根据这些实施例的数据存储装置可以被写入无数次，这也提供了另一优点。

以上的详细描述只是用于理解本发明的例示实现，应该理解，本发明并没有无必要的限制，因为对于本领域的技术人员来说，修改是显而易见的，并不背离所附权利要求书及其等效物的范围。

图1

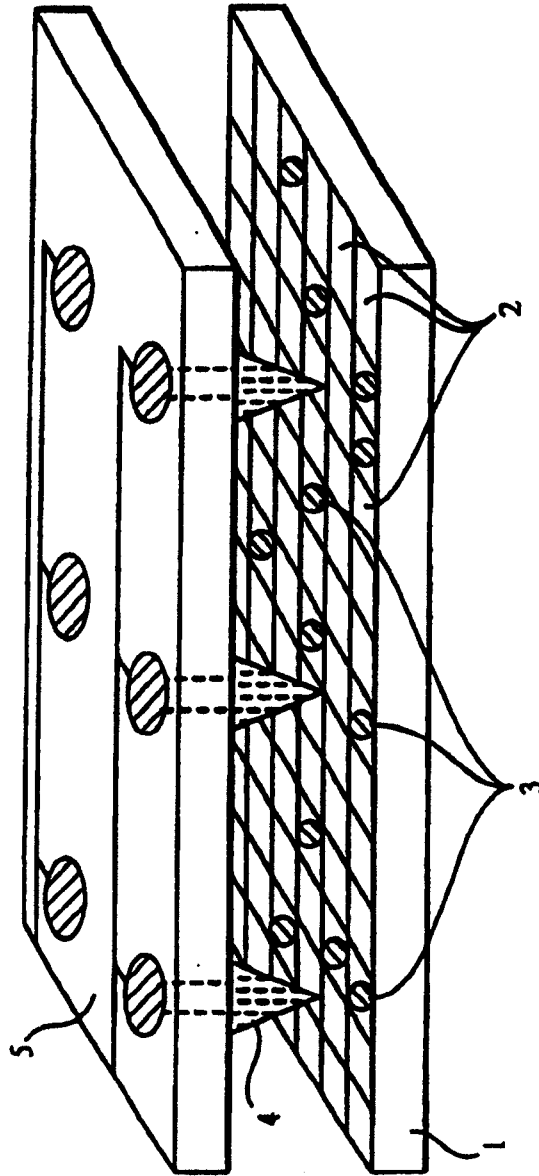


图 2

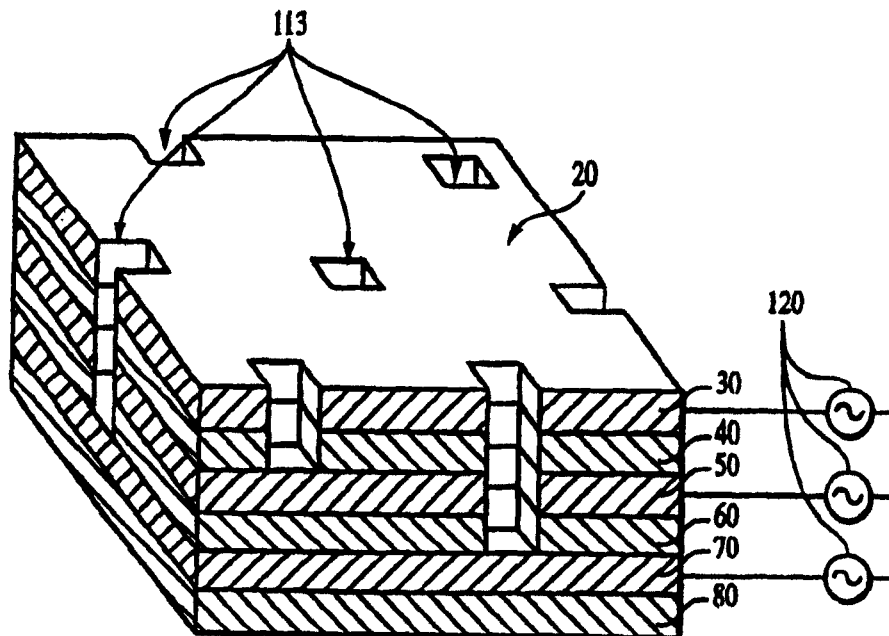
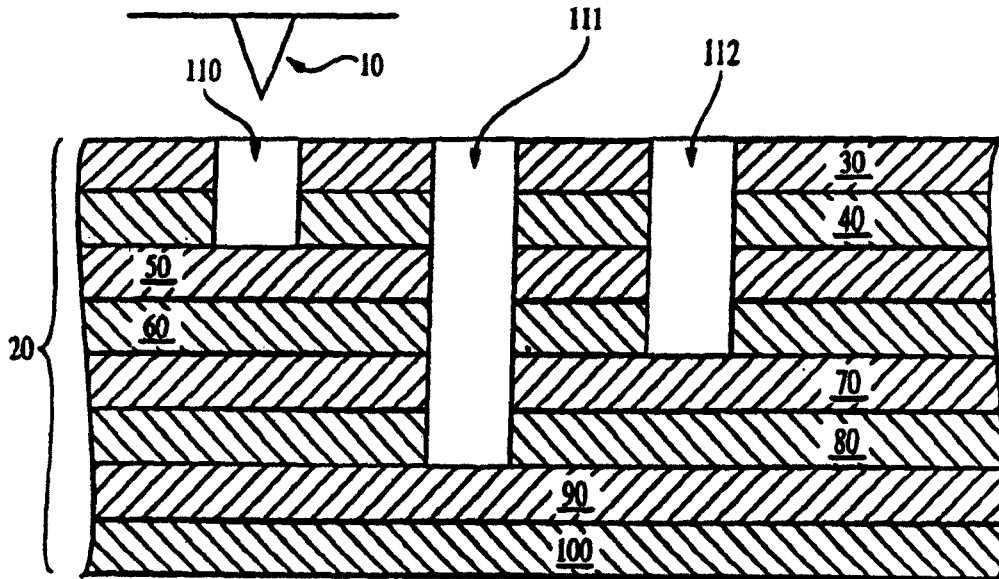


图 3

图 4

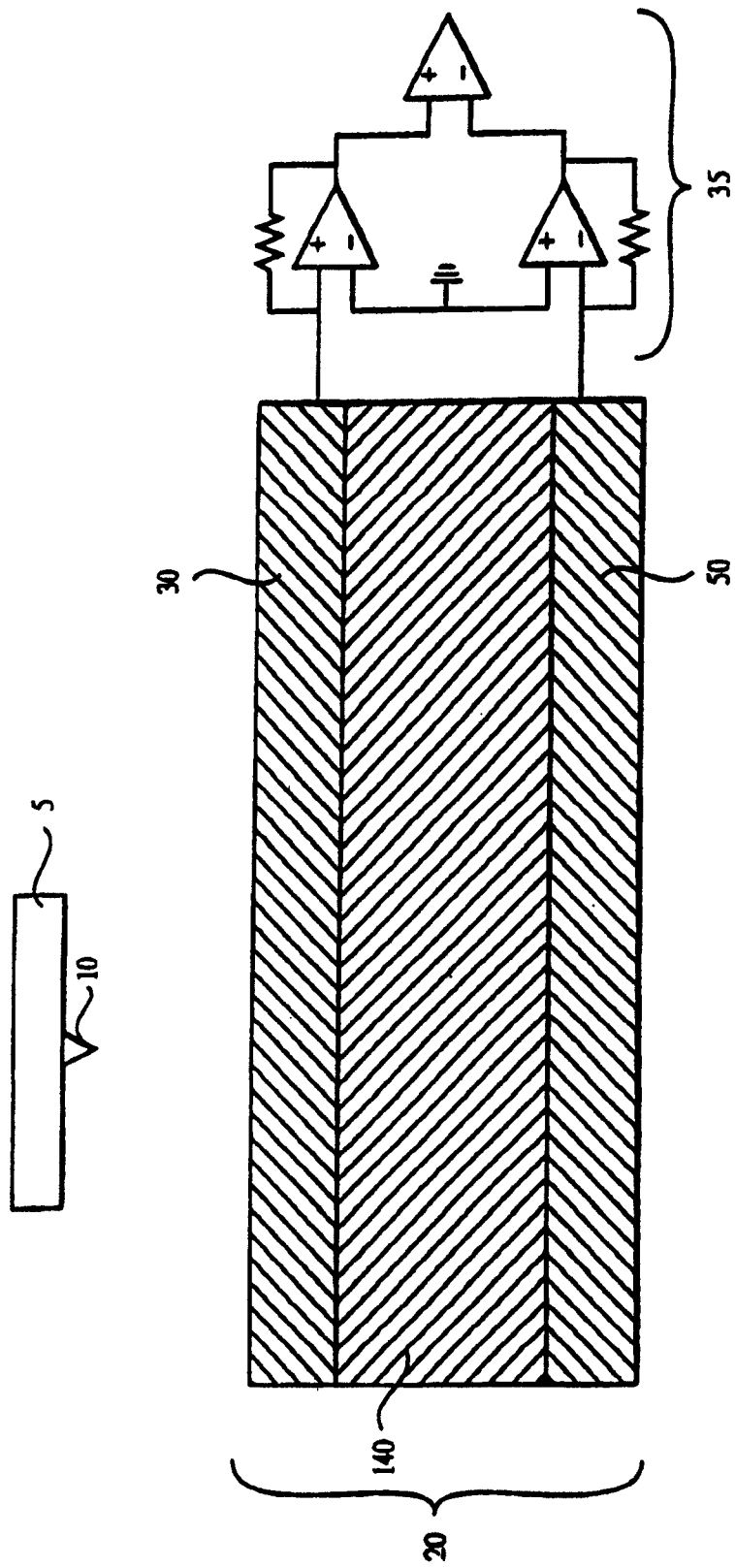


图 5

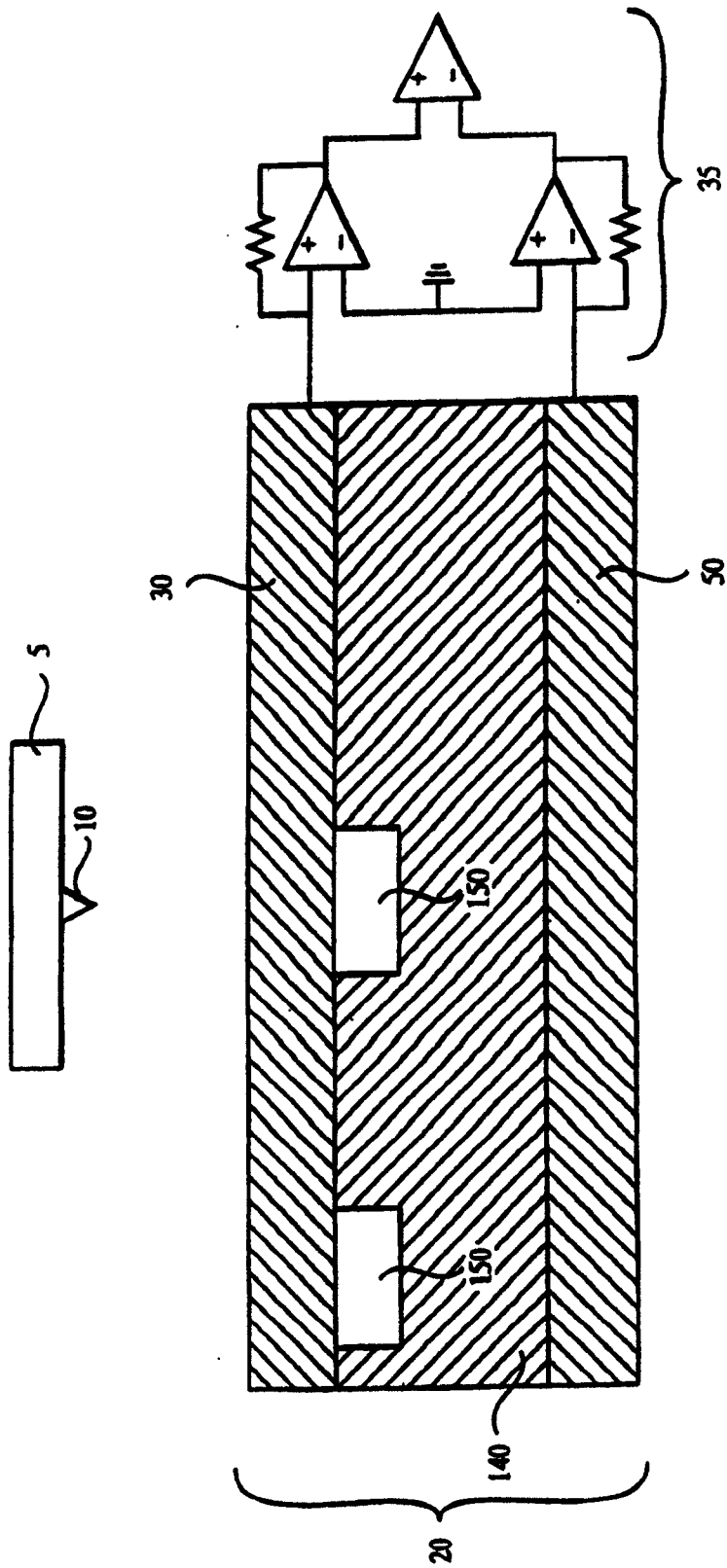


图 6

