

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94112929.2

[45]授权公告日 2000年11月22日

[11]授权公告号 CN 1058800C

[22]申请日 1994.12.9 [24]颁证日 2000.10.21

[21]申请号 94112929.2

[30]优先权

[32]1994.3.9 [33]US [31]208,398

[73]专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72]发明人 莫汉马德·T·克劳恩比

杰里·罗·蒂修 桑青华

罗伯特·M·瓦尔塔

[56]参考文献

EP 361657A2 1990.4.4 G11B5/39

JP3-162706 1991.7.12 G11B5/31

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

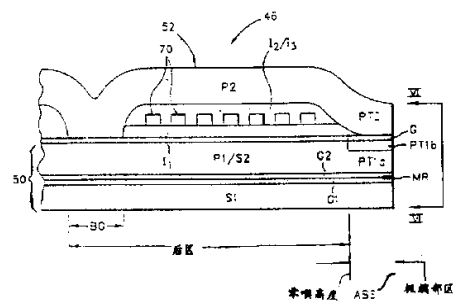
代理人 鄞迅

权利要求书 8 页 说明书 25 页 附图页数 12 页

[54]发明名称 制造极端部对准的薄膜复合磁电阻头的方法

[57]摘要

提供了一种复合 MR 头,它具有竖直对准的侧壁,以尽量减小侧边缘场并改善道偏移性能。包括读取头的第二屏蔽层 S2 的底极件 P1,带有具有短的长度 的基座极端口。其长度短至为间隙层 G 的长度的两倍的基座极端口能够最大程度地减小侧向写入并改善道偏移性能。写入头的底极端口结构是利用顶极端口结构作为掩膜,用离子束研磨形成的。离子束研磨是与顶极端口结构的侧壁成一个角度地照射的,使底极端口结构研磨出与顶极端口结构对准的侧壁。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种制造复合磁电阻头的方法，该复合磁电阻头包括一个磁电阻读取头和一个写入头，该磁电阻读取头包括第一和第二屏蔽层 S1 和 S2、夹在第一和第二屏蔽层 S1 和 S2 之间的第一和第二间隙层 G1 和 G2、和夹在第一和第二间隙层 G1 和 G2 之间的一个磁电阻元件，且该写入头包括从一个空气轴承表面（ABS）延伸到并包括一个后间隙的底和顶极件 P1 和 P2，底极件 P1 包括第二屏蔽层 S2，底极件 P1 具有在 ABS 与一个零喉高度之间延伸的极端部元件 PT1a 和 PT1b，极端部元件 PT1b 相对于第二屏蔽层 S2、底极 P1 和极端部元件 PT1a 是一个基座，第二屏蔽层 S2 包括 PT1a 和 PT1b、夹在极端部元件 PT1b 和 PT2 之间的间隙层 G、和各个极端部元件 PT2，间隙层 G 和极端部元件 PT1b 具有第一和第二竖直侧壁，极端部元件 PT2、间隙层 G 和极端部元件 PT1b 的第一竖直侧壁邻接地位于一个第一竖直平面中，且极端部元件 PT2、间隙层 G 和极端部元件 PT1b 的第二竖直侧壁邻接地位于一个第二竖直平面中，该第一和第二竖直侧壁与 ABS 相垂直并在 ABS 处彼此相距一个距离 w 以确定复合磁电阻头的道宽，该制造方法的特征在于包括：

淀积至少一个磁层以形成一个磁电阻读取头的第二屏蔽层 S2 和一个底极件 P1，该底极件 P1 从一个空气轴承表面（ABS）延伸到并包括一个后间隙，该底极件 P1 具有在 ABS 和一个零喉高度之间延伸的未限定极端部部分；

在所述一个磁层之上从 ABS 到零喉高度淀积间隙层 G；

淀积另一磁层以在底极件 P1 上形成自 ABS 至且包括后间隙

的顶极件 P2, 该顶极件 P2 带有一个限定的极端部元件 PT2, 该极端部元件 PT2 在 ABS 与零喉高度之间延伸并具有第一和第二竖直侧壁; 以及

用至少一个离子束以与限定的极端部元件 PT2 的侧壁成 θ 的角度照射底极件 P1 的未限定极端部部分, 利用限定的极端部元件 PT2 作为掩膜, 在极端部元件 PT2 的各侧在底极件 P1 上形成竖直缺口以使底极件 P1 形成极端部元件 PT1a 和 PT1b, 极端部元件 PT1b 是相对于底极件 P1 的一个基座并具有分别与极端部元件 PT2 的第一和第二竖直侧壁相对准的第一和第二竖直侧壁。

2. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于包括:

在用至少一个离子束照射底极件 P1 的未限定的极端部部分之前, 在顶极件 P2 上淀积一个光刻胶掩膜;

在该光刻胶掩膜上提供一个开口, 该开口暴露出限定极端部元件 PT2 和在其各侧的一个区域, 以使限定的极端部元件 PT2 能够作为用至少一个离子束照射底极件 P1 的未限定极端部部分的掩膜。

3. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于包括:

用至少一个离子束照射的步骤包括在用该离子束照射底极件 P1 的未限定极端部部分之前用该离子束照射间隙层 G; 且

用至少一个离子束进行照射的步骤, 给间隙层 G 提供了第一和第二竖直侧壁, 该第一和第二竖直侧壁分别与极端部元件 PT1b 和 PT2 的第一和第二竖直侧壁相对准。

4. 根据权利要求 4 的方法, 其特征在于包括:

淀积间隙层 G 的步骤, 在 ABS 处给间隙层提供了一个在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.7\mu\text{m}$ 范围内的厚度; 且

ABS 处极端部元件 PT1b 的长度 为 2.0g 。

5. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束进行照射的步骤包括用一个单个的离子束以一个单个的角度 θ 进行照射。

6. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束进行照射的步骤包括用第一和第二离子束进行照射；

第一离子束处于 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ 范围中的角度 θ ；且

第二离子束处于 $60^\circ < \theta < 85^\circ$ 范围内的角度 θ 。

7. 根据权利要求 6 的方法，其特征在于包括：

第一离子束处于 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ 范围内的角度 θ 。

8. 根据权利要求 7 的方法，其特征在于包括：

第一离子束处于 θ 为 30° 的角度 θ ；且

第二离子束处于 θ 为 75° 的角度 θ 。

9. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束照射的步骤减小了极端部层 PT2 的厚度；

且

淀积极端部元件 PT2 的步骤包括以一个附加的厚度淀积极端部层 PT2 的步骤，该附加的厚度等于用至少一个离子束进行照射的步骤所造成的极端部元件 PT2 厚度的减小量。

10. 根据权利要求 9 的方法，其特征在于包括：

在用至少一个离子束进行照射的步骤之前，在位于零喉高度与后间隙之间的极件 P2 层上淀积一个掩膜，并在位于 ABS 与零喉高度之间的掩膜上留出一个窗口，以暴露限定的极端部元件 PT2 及其各侧的一个区域。

11. 根据权利要求 10 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束进行照射的步骤包括用一个单个的离子束

以一个单个的角度 θ 进行照射；且

角度 θ 在 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ 的范围内。

12. 根据权利要求 10 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束进行照射的步骤包括用第一和第二离子束进行照射；

第一离子束处于 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ 范围内的角度 θ ；且

第二离子束处于 $65^\circ < \theta < 85^\circ$ 范围内的角度 θ 。

13. 根据权利要求 12 的方法，其特征在于包括：

第一离子束处于 为 30° 的角度 θ ；且

第二离子束处于 为 75° 的角度 θ 。

14. 根据权利要求 13 的方法，其特征在于包括：

淀积间隙层 G 的步骤提供了一个层厚度，该厚度在 ABS 处给间隙 G 提供了一个长度 g；且

ABS 处极端部元件 PT1b 的长度 为 $2.0g$ 。

15. 根据权利要求 14 的方法，其特征在于包括：

第一和第二离子束的同时照射的。

16. 根据权利要求 14 的方法，其特征在于包括：

第一和第二离子束是依次照射的。

17. 根据权利要求 16 的方法，其特征在于包括：

用至少一个离子束进行照射的步骤包括将带有淀积在其上的层的底极件 P1 放置在一个离子束研磨室中，并以恒定的转速转动底极件 P1 和淀积在其上的层，同时用离子束照射底极件 P1 和淀积在其上的层。

18. 根据权利要求 17 的方法，其特征在于包括：

淀积间隙层 G 的步骤包括给间隙层 G 提供一个在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.7\mu\text{m}$ 范围内的长度 g；

淀积所述另一磁层的步骤包括淀积具有 为 $7\mu\text{m}$ 的层厚度的极端部元件 PT2;

用至少一个离子束进行照射的步骤包括在底极件 P1 上形成缺口, 以使各个缺口 为 $0.7\mu\text{m}$ 深且基座具有 为 $0.7\mu\text{m}$ 的, 高度; 以及

用至少一个离子束进行照射的步骤会使极端部元件 PT2 的厚度减小了 $2\mu\text{m}$.

19. 一种制造复合磁电阻头的方法, 该复合磁电阻头包括一个磁电阻读取头和一个写入头, 该磁电阻读取头包括第一和第二屏蔽层 S1 和 S2、夹在第一和第二屏蔽层 S1 和 S2 之间的第一和第二间隙层 G1 和 G2、和夹在第一和第二间隙层 G1 和 G2 之间的一个磁电阻元件, 且该写入头包括从一个空气轴承表面 (ABS) 延伸到并包括一个后间隙的底和顶极件 P1 和 P2, 底极件 P1 包括第二屏蔽层 S2, 底极件 P1 具有在 ABS 与一个零喉高度之间延伸的极端部元件 PT1a 和 PT1b, 极端部元件 PT1b 相对于第二屏蔽层 S2、底极 P1 和极端部元件 PT1a 是一个基座, 第二屏蔽层 S2 包括 PT1a 和 PT1b、夹在极端部元件 PT1b 和 PT2 之间的间隙层 G、和各个极端部元件 PT2, 间隙层 G 和极端部元件 PT1b 具有第一和第二竖直侧壁, 极端部元件 PT2、间隙层 G 和极端部元件 PT1b 的第一竖直侧壁邻接地位于一个第一竖直平面中, 且极端部元件 PT2、间隙层 G 和极端部元件 PT1b 的第二竖直侧壁邻接地位于一个第二竖直平面中, 该第一和第二竖直侧壁与 ABS 相垂直并在 ABS 处彼此相距一个距离 w 以确定复合磁电阻头的道宽, 该制造方法的特征在于包括:

淀积一个从 ABS 至并包括后间隙的第一磁层, 以形成:

(1) 磁电阻读取头的第二屏蔽层 S2, 和

(2) 底极 P1, 它带有在 ABS 与零喉高度之间的一个未限定极端部部分和在零喉高度与后间隙之间的一个后部;

在第一磁层上淀积从 ABS 至零喉高度的间隙层 G;

在间隙层 G 上和在第一磁层上方淀积一个第二磁层, 以形成顶极件 P2, 该顶极件 P2 具有带有第一和第二竖直侧壁的极端部元件 PT2; 以及

用至少一个离子束, 沿着大体与 ABS 平行并与极端部元件 PT2 的第一和第二竖直侧壁成一个角度 θ 的方向, 并利用极端部元件 PT2 作为掩膜, 照射第一磁层上底极 P1 的未限定极端部部分的一个区域, 以在第一磁层上在极端部元件 PT2 的各侧上形成缺口, 这些缺口使第一磁层具有一个竖直的基座, 该竖直基座是极端部元件 PT1b, 该极端部元件 PT1b 具有第一和第二竖直侧壁, 且在 ABS 与零喉高度之间的、除了基座外的磁层包括极端部元件 PT1a, 极端部元件 PT1b 和 PT2 的第一竖直侧壁在一个第一竖直平面内互相对准, 且极端部 PT1b 和 PT2 的第二侧壁在一个第二竖直平面内互相对准, 该第一和第二竖直侧壁与 ABS 垂直并在 ABS 处彼此相距以限定复合磁电阻头的道宽 w 。

20. 根据权利要求 19 的方法, 其特征在于包括:

用至少一个离子束进行照射的步骤包括在用离子束照射未限定极端部部分之前用离子束照射间隙层 G; 以及

用至少一个离子束进行照射的步骤给间隙层 G 提供了第一和第二竖直侧壁, 该第一和第二竖直侧壁分别与极端部元件 PT1b 和 PT2 的第一和第二竖直侧壁相对准。

21. 根据权利要求 19 的方法, 其特征在于包括:

用一个离子束进行照射的步骤包括用第一和第二离子束照射;

第一离子束处于 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ 的范围内的角度 θ ; 且

第二离子束处于 $65^\circ < \theta < 85^\circ$ 的范围内的角度 θ 。

22. 根据权利要求 21 的方法, 其特征在于包括:

用第一和第二离子束进行照射的步骤使极端部元件 PT2 的厚度减小; 且

淀积磁层以形成极端部元件 PT2 的步骤包括淀积具有附加的厚度的极端部元件 PT2, 该附加的厚度等于用至少一个离子束进行照射的步骤所造成的极端部元件 PT2 厚度的减小量; 且

在用第一和第二离子束进行照射之前, 在顶磁极 P2 上大体在零喉高度与后间隙之间淀积一个掩膜, 并在该掩膜上在 ABS 与零喉高度之间留出一个窗口以暴露出限定的极端部元件 PT2 及其各侧的一个区域。

23. 根据权利要求 22 的方法, 其特征在于包括:

淀积间隙层 G 的步骤提供了一个层厚度, 该层厚度在 ABS 处为间隙 G 提供了一个长度 g ; 且

ABS 处极端部元件 PT1b 的长度在 $0.5g$ 至 $3.0g$ 的范围内。

24. 根据权利要求 23 的方法, 其特征在于包括:

第一离子束处于 为 30° 的角度 θ ; 且

第二离子束处于 为 75° 的角度 θ 。

25. 根据权利要求 24 的方法, 其特征在于包括:

淀积间隙层 G 的步骤包括淀积具有在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.7\mu\text{m}$ 范围内的厚度 g 的间隙层 G;

淀积极端部元件 PT2 的步骤包括淀积具有 为 $7\mu\text{m}$ 的层厚度的极端部元件 PT2;

用第一和第二离子束进行照射的步骤包括在第一磁层上形成深度为 $0.7\mu\text{m}$ 的缺口, 从而提供具有 为 $0.7\mu\text{m}$ 的高度的

基座；且

用第一和第二离子束进行照射的步骤使极端部元件 PT2 的层厚度减小了 $2\mu\text{m}$ 。

26. 根据权利要求 25 的方法，其特征在于包括：

用第一和第二离子束进行照射的步骤包括将第一磁层与淀积在其上的层放置在一个离子束研磨室中，并以恒定的转速转动该第一磁层和淀积在其上的层，并同时用离子束照射该第一磁层和淀积在其上的层。

27. 根据权利要求 26 的方法，其特征在于包括：

第一和第二离子束是同时照射的。

28. 根据权利要求 26 的方法，其特征在于包括

第一和第二离子束是依次照射的。

说明书

制造极端部对准的薄膜复合磁电阻头的方法

本发明涉及制造具有对准的极端部的薄膜复合磁电阻头的方法。

在磁盘驱动器中,数据由被称为“头”的薄膜磁传感器写入和读出,而该头被支撑在以高速旋转的盘的表面上。这些头借助于由盘的高速旋转产生的薄空气垫(空气轴承)而得到支撑。

薄膜磁写入头是需要的,因为它们提供了高的面密度;而薄膜磁读取头是需要的,因为它们提供了高分辨率。薄膜磁头也容易制造。借助于各种薄膜制作技术,可以在陶瓷基底上成批地生产磁头,并随后将它们切割成单独的头。

薄膜写入头分别包括底和顶极件 $P1$ 和 $P2$,它们是用磁性材料薄膜(层)制成的。这些极件具有通常被称为“喉高度”的极端部高度。在制成的写入头中,喉高度是在通过对极件的端部进行抛光而形成的空气轴承表面(ABS)和一个零喉高度(“零喉高度”)之间测量的,其中底极件 $P1$ 和顶极件 $P2$ 在磁记录间隙处会合。薄膜磁写入头还包括一个位于 ABS 和零喉高度之间的极端部区和一个从零喉高度延伸到并包括一个后间隙的后区。各个极件具有在极端部区

中的极端部部分和在后区中的后部分。极件在后间隙处连接在一起。

极端部是写入头的底部和顶部极件 $P1$ 和 $P2$ 的延伸。在极端部区,各个极件 $P1$ 和 $P2$ 转变成极端部。极端部由一个间隙(G)分离,后者是绝缘材料制成的薄层。顶部极件 $P2$ 的极端部是将磁通量引入磁介质的最后一个元件;因此,其宽度比底极件 $P1$ 上的极端部的宽度更重要。然而,正如下面详细描述那样,使极端部具有相同的宽度以减小它们之间的磁通量泄漏也是重要的。

为了增大单位盘表面积存储的数据(面密度),写入头必须在盘表面上更窄的道上写入更多的数据。因此,可通过减小极端部之间的间隙长度来改善面密度。通过减小间隙长度,在道内的位密度得到了改善。间隙长度的缩短受到了极端部之间的磁通量强度减小的限制。也可以通过增加写入头所能够记录在盘上的数据道的数目来改善面密度;有关的参数表示是“每英寸的道”或“ TPI ”。写入头的 TPI 能力通过减小头的尺寸——该尺寸确定了数据道的宽度——而得到增大;一般地,该尺寸被称为头的“道宽”。

一种 MR 读取头采用了磁阻(MR)元件,它响应来自旋转的磁盘的磁通量密度来改变电阻。一个通过磁阻元件的检测电流与该磁阻元件的电阻改变成比例地变化。该磁阻元件的响应是基于磁阻元件的电阻改变跟随从磁介质检测的磁通量密度改变的程度的。在盘驱动器中,一个差分放大器与该磁阻元件相连,以处理从读取头读

出的信号。该磁阻元件是一个夹在底和顶间隙(绝缘)层 $G1$ 和 $G2$ 之间的薄膜层,而间隙层 $G1$ 和 $G2$ 又被夹在底部和顶部屏蔽层 $S1$ 和 $S2$ 之间。这些屏蔽层之间的距离被称为读取间隙。读取间隙越小, MR 读取头的分辨率就越大。

近来的一种技术发展提供了一种复合 MR 头。一种复合 MR 头采用了组合的 MR 读取头和写入头。这是通过用 MR 头的顶屏蔽层 $S2$ 作写入头的底极 $P1$ 而实现的。复合 MR 头对读取和写入都具有高的能力。复合 MR 头节省了构成分离的读取和写入头的加工步骤,因为 MR 读取头的第二屏蔽层 $S2$ 也被用作写入头的底极 $P1$,从而消除了一个制作步骤。该复合 MR 头的另一优点,是读取和写入头的元件能够容易地在一个单个的悬挂系统上对准,以在写入之后立即进行读取。

然而,目前的复合 MR 头结构,在记录期间产生了很大的侧边缘场。这些场是由于从顶磁极 $P2$ 至由 $P2$ 限定的区域以外的底极 $P1$ 部分的磁通量泄漏造成的。该侧边缘场限制了所能够达到的最小道宽,因而限制了道密度的上限。因此,当用磁阻元件读取由复合 MR 头的记录元件写入的道时,该磁阻元件的“道偏移”性能很差。即,当 MR 元件产生了从所读取的道的中心的横向移动时,在相邻道的磁场开始对所读取的道的场造成干扰之前,它不能移动得较远。

在一种感应头中,底和顶极端部 $PT1$ 和 $PT2$ 的侧壁基本上沿

竖直方向对准,并借助通过顶和底极件的离子束研磨而被限制在基本上相等的宽度。然而,由于顶极端部 $PT2$ 在此期间产生的遮蔽,向底极端部 $PT1$ 有一些向外的渐细。虽然这种渐细的非对称性产生了某些不希望的效果,极端部的侧壁大体上在竖直方向得到了对准,从而防止了在极端部之间的间隙边缘以外的侧边缘场。

用于制作复合 MR 头的这种方法,在第二屏蔽层 $S2$ 上淀积出一个间隙层,并随后在该间隙层上淀积出顶极端部 $PT2$ 。极端部 $PT2$ 可以用光刻胶图形镀膜或离子束研磨限定。极端部 $PT2$ 的宽度保持很窄,在 $5\mu m$ 的量级内,以限制写入道的宽度。然而, MR 读取头的第二屏蔽层 $S2$ 很宽,在 $50\mu m$ 的量级,以屏蔽读取头中的 MR 元件。这些宽度的不同,造成了极端部元件之间的侧边缘磁场,该场沿着横向延伸到顶极端部 $PT2$ 的宽度以外。这是由第二屏蔽层 $S2$ 的宽度造成的,该第二屏蔽层 $S2$ 对于来自顶极端部元件 $PT2$ 的磁力线具有大的横通道。希望包括底极端部元件 $PT1$ 的第二屏蔽层 $S2$ 具有与顶极端部元件 $PT1$ 的侧壁对准的侧壁。然而这是不可能的,因为第二屏蔽层 $S2$ 必须很宽以保护 MR 元件。这会阻止复合 MR 头的道偏移性能的改善。

对复合 MR 头的侧边缘问题的一种解决方案,是在第二屏蔽层 $S2$ 的顶部上构成窄的极端部部分 $PT1b$,随后该 $S2$ 层被用作较宽的底极端部元件 $PT1a$ 。这两个极端部都是底极 $P1$ 的极端部部分,而极端部层 $PT1b$ 在极端部元件 $PT1a$ 上形成了一个基座。间隙

层随后在极端部层 $PT1b$ 上形成,且顶磁极 $P2$ 的极端部元件 $PT2$ 在间隙层上形成。这种极端部设置能够以两种方式之一构成:(1) 利用光刻胶掩模技术将各个极端部 $PT1b$ 和 $PT2$ 加以图形镀膜或者(2)为顶磁极 $P2$ 的轭区设置掩模并通过极端部 $PT2$ 和 $PT1b$ 以及它们之间的间隙层进行离子束研磨。在这种图形镀膜方法中,很难对准极端部 $PT2$ 和 $PT1b$ 的侧壁。这是由于各个极端部是在不同的步骤中覆盖的,从而造成了光刻胶掩模不能对准。在离子束研磨中,在处理中研磨碎屑的再淀积在 $PT2$ 上累积起来,造成了对其下的极端部层 $PT1b$ 的遮蔽。这种遮蔽——它也会在构成上述感应头中遇到——造成下极端部 $PT1b$ 的向外渐细的结构。遮蔽沿着横向延伸到下极端部,并为侧边缘场提供了磁通道。已经进行过尝试,使离子束以一个角度而不是垂直照射到侧壁上,从而除去碎屑和使这些极端部沿着竖直方向对准。这将除去一些碎屑;然而,累积的碎屑太厚,所以不能用这种方法获得竖直的侧壁。

先有技术的复合 MR 头的这种侧边缘问题,已经由于发现了对复合 MR 头的制作方法中的两个独特步骤,而得到了解决。第一个发现是极端部 $PT1b$ (相对于 $S2/PT1a$ 极端部的基座部分)的长度能够作得比以前所想的短。本发明人已经观测到,只要极端部 $PT1b$ 的侧壁与极端部元件 $PT2$ 的侧壁竖直对准,具有 0.5 至 2.5 乘以间隙 G 的长度 g 的基座极端部 $PT1b$,将显著降低侧边缘场。竖直对准已经通过包括两个步骤的第二个发现而实现。第一个步骤

是以所希望的宽度将间隙层的顶部上的极端部 $PT2$ 图形镀膜。该层的厚度可以比所希望的最后厚度大, 因为该厚度将在下一个步骤中减小。例如, 如果希望得到 $5\mu m$ 的最后厚度, 则可以加上 $2\mu m$ 的附加厚度, 使总厚度为 $7\mu m$ 。借助光刻胶图形镀膜方法, 可以构成带有竖直侧壁的 $7\mu m$ 厚的极端部 $PT2$ 。下一个步骤是利用极端部 $PT2$ 作为掩模, 将离子束与极端部 $PT2$ 的侧壁成角度地照射到极端部 $PT2$ 以下的磁层上, 以在侧壁的各侧的掩模之下的磁层上产生缺口, 以形成基座极端部 $PT1b$ 。使用适当的角度, 使人意外的结果是基座极端部 $PT1b$ 的侧壁将与极端部 $PT2$ 的侧壁竖直对准。由于基座极端部 $PT1b$ 的长度可以很小, 以适当地降低磁通量泄漏, 基座极端部 $PT1b$ 可以被直接研磨到第二屏蔽层 $S2$ 中。这样就不用第二屏蔽层 $S2$ 上淀积一个层以在其上形成基座。通常的间隙长度是 $0.3\mu m$, 这使基座极端部元件 $PT1b$ 的长度大体为 $0.6\mu m$ 。为了获得基座极端部元件 $PT1b$ 而借助离子束研磨在第二屏蔽层 $S2$ 上造成的缺口, 不会影响其屏蔽磁阻元件的能力。将离子束以一定角度直接照射在极端部 $PT2$ 的侧壁上, 可以去除并同时清理再度淀积物。已经发现, 55° 的角度能够产生令人满意的效果。然而, 更好的研磨处理或依次或同时采用两束离子束。已经发现, 第一束以 30° 照射以进行切割和清理部分再度淀积物, 而 75° 的第二束清理剩余的再度淀积物, 可以在极端部 $PT2$ 与 $PT1b$ 之间提供竖直对准的侧壁。另一方案是, 一个磁层可设置在第二屏蔽层 $S2$ 上,

并用第二发现中的所述步骤产生出缺口。然而,这需要附加的处理步骤,除非采用不同的材料,该步骤是不需要的。另一方案是,间隙层可以用离子束研磨,或在限定其下的基座极端部 PT1b 之前借助化学蚀刻而限定。特别是,借助这两个发现,可以实现小于 $2\mu m$ 的道宽。相反,感应头的道宽从没有小于 $3\mu m$ 。

本发明的一个目的是提供一种薄膜磁头的制造方法,该薄膜磁头具有竖直对准的极端部以使侧写最小化。


本发明的另一个目的是提供一种薄膜复合磁电阻头的制造方法,该薄膜复合磁电阻头具有改善的道偏移性能。

本发明的再一个目的是提供一种带有第二屏蔽层 S2 的复合磁电阻头的制造方法,第二屏蔽层 S2 既用作磁电阻元件的屏蔽,也用作带有良好道偏移性能的写入头的极端部。

本发明的又一个目的是提供一种复合磁电阻头的制造方法,其中第二屏蔽层 S2 具有小高度的基座,该基座用作极端部元件 PT1b 且其下的 S2 层被用作写入头的下极 P1 的极端部元件 PT1a, 以及其中极端部元件 PT1b 的侧壁与极端部 PT2 的侧壁沿竖直方向对准。

在考虑了对本发明的以下描述之后,本发明的其他目的和优点将变得明显。

根据本发明,形成了带有竖直取向的侧壁(比如图 27 中所示的 88 和 90)的极端部元件 PT2, 并且利用限定的极端部元件 PT2 作为掩膜,与限定的极端部元件 PT2 的侧壁呈 θ 角,将



至少一个离子束照射到底极件 P1 的未限定部分，在极端部元件 PT2 的每侧上垂直地将底极件 P1 切口，将底极件 P1 构成为极端部元件 PT1a 和 PT1b，其中极端部元件 PT1b 是相对于底极件 P1 的基座，并且具有第一和第二垂直侧壁，这两个侧壁分别与极端部元件 PT2 的第一和第二垂直侧壁对准。

图 1 是示按照比例的盘驱动器示意图，它采用了本发明的薄膜复全磁电阻头（MR 头）。

图 2 是位于磁盘的道上的薄膜写入头的极端部的关键部分的

示意图。

图 3 是薄膜复合 *MR* 头的立体图,其中写入头的层被设置在 *MR* 读取头的层之上。

图 4 是图 3 的写入头的顶视平面示意图。

图 5 是由本发明制造的薄膜复合磁电阻头的侧视图。

图 6 是沿着图 5 的 *VI-VI* 平面取的 *ABS* 图。

图 7 是由本发明制造的薄膜复合磁电阻头的侧视图。

图 8 是图 7 所示的头沿着 *VIII-VIII* 平面取的 *ABS* 图。

图 9 至 12 是显示根据本发明制成的复合 *MR* 头的侧向写入的曲线图。

图 13 是先有技术的感应头的 *ABS* 图。

图 14 是先有技术的薄膜复合 *MR* 头的 *ABS* 图。

图 15 是图 14 所示的先有技术薄膜复合 *MR* 头的侧视图。

图 16 是离子束腔的一个例子的示意显示。

图 17 是以一定角度对极端部 *PT2* 的侧壁进行研磨的开始时的 *ABS* 图。

图 18 与图 17 相同,但它是研磨步骤的结束,它已经在 *P1/S2* 上开了缺口,以形成基座极端部 *PT1b*。

图 19 与图 18 相同,但其中以更大的角度对极端部 *PT2* 的侧壁进行离子研磨,以在图 17 和 18 外表面切割操作中清除再度淀积物的碎屑。

图 20 与图 17 类似,只是用于切割的离子束和用于清理的离子束是同时照射的,而不是如图 17—19 中那样依次照射的。

图 21 与——20 相同,只是缺口已经完成,以形成基座极端部 *PT1b*。

图 22 与图 17 类似,只是采用了具有更大角度的单个离子束进行切割和清理。

图 23 与图 22 类似,只是已经完成了切割和清理操作以形成基座极端部 *PT1b*。

图 24 是用于形成带有竖直侧壁的极端部 *PT2* 的步骤的示意顶视平面图。

图 25 是通过图 24 的结构的 *ABS* 图,其中光刻胶图形被除去了。

图 26 是顶视平面图,其中顶极件 *P2* 被掩盖,而暴露出极端部 *PT2*。

图 27 是图 26 所示的结构的 *ABS* 图,显示了在极端部 *PT2* 周围的光刻胶窗口或开口,该开口用于使一或多个离子束能够以一定角度照射到其中。

图 28 是在用离子束以一定角度对极端部 *PT2* 的侧壁进行研磨以形成基座极端部 *PT1b* 之后所产生的极端部结构。

图 29 至 33 分别与图 24 至 28 类似。

图 34 与图 33 类似,只是淀积了附加层 *PT1c* 和 *PT2b*,以获得

与距离间隙 G 更远的极端部其余部分不同的材料。

现在参见附图,其中相同的标号表示相同或类似的部件。在图 1 中,显示了一个包括转动磁盘 42 的磁盘驱动器 40。盘 42 由一个对来自驱动控制源(未显示)的控制信号进行响应的马达 44 转动。当盘 42 转动时,装在一个滑动器 48 上的薄膜复合 MR 头 46 被一个称为“空气轴承”的空气薄层支撑在磁盘 42 的表面上。复合头 46 包括一个 MR 读取头 50 和一个写入头 52。滑动器 48 与复合头 46 的底表面位于滑动器的空气轴承表面(ABS)54 所在的平面中。 ABS 54 与磁盘 42 的表面相距距离 d ,而距离 d 是当磁盘转动时复合 MR 头 46 的飞行高度。滑动器 48 与一个头悬挂组件 56 相连,而头悬挂组件 56 包括用于在驱动电路 58 与头之间传导读/写信号的装置。驱动器的上述部件装在驱动外壳 59 中。

在图 2 中,用 60 示意显示了与转动磁盘的道 62 具有运算关系的写入头 52 的极端部元件。代表写入头记录在道上的信息的磁通量倒转由 64 表示。每英寸道长的磁通量倒转的数目,是读取头的线或位密度的一个量度。当写入头间隙的长度减小时,位密度增大。另一个重要的量度是写入头 60 的 TPI 。写入头的极端部元件的宽度越窄, TPI 越大。位密度与 TPI 的乘积提供了写入头的面密度。这是磁盘单位面积上能够写入多少信息的一个量度。

图 3 显示了复合 MR 头 46 的一部分,显示了 MR 读取头 50 和写入头 52。该复合 MR 头 46 装在滑动器 48 上。

如图 3 所示,读取头 50 包括一个磁阻元件 MR ,它夹在第一和第二间隙层 $G1$ 和 $G2$ 之间,而这些间隙层又夹在第一和第二屏蔽层 $S1$ 和 $S2$ 之间。在一个复合 MR 头中,读取头 50 的第二屏蔽层 $S2$ 也用作写入头 52 的底极件 $P1$,这将在下面详细描述。

如图 5 所示,写入头 52 带有一个位于空气轴承表面(ABS)与一个零喉高度之间的极端部区和一个从该零喉高度延伸到并包括一个后间隙的轭或后区。写入头 52 包括一个底极件 $P1$ 和一个顶极 $P2$ 。底极件 $P1$ 包括读取头 50 的第二屏蔽层 $S2$ 。各个极件 $P1$ 和 $P2$ 还带有位于该后区中的后层部分,这些极件的后层部分在后间隙(BG)处互相磁性连接。底极件 $P1$ 包括一个位于在 ABS 与零喉高度之间的极端部区中的极端部结构。该极端部结构包括一个底极端部元件 $PT1a$ 和一个顶极端部元件 $PT1b$ 。顶极件 $P2$ 包括一个位于 ABS 与零喉高度之间的极端部区中的极端部结构。该极端部结构包括一个顶极端部元件 $PT2$ 。极端部元件 $PT1a$ 和 $PT1b$ 从读取头 50 的第二屏蔽层 $S2$ 整体地制成,这将在下面更详细地描述。在极端部元件 $PT1$ 和 $PT2$ 之间夹有一个极间隙层(G)。该层的理想厚度(间隙长度)为大约 $0.3\mu m$,这将使写入头的线密度达到优化且不会影响其磁通量强度。然而,可接受的间隙长度的范围为 $0.1\mu m$ 至 $0.7\mu m$ 。间隙层 G 可延伸到后间隙 BG 或作为另一方案在零喉高度终止。

在间隙层 G 的顶部,可以用诸如光刻的适当方法,淀积出一个

第一绝缘层 I_1 。在第一绝缘层 I_1 的顶部,用诸如光刻胶图形镀膜的适当方法,淀积出线圈传导层 70。在线圈传导层 70 的顶部上,用诸如光刻的适当方法,淀积出第二和第三绝缘层 I_2 和 I_3 。

复合 MR 头 46 被称为“复合”,是因为底极件 $P1$ 和其极端部包括 MR 读取头的第二屏蔽层 $S2$,如图 5 和 6 所示。复合头的一个特征是消除了淀积一个额外磁层的加工步骤。然而,如图 6 所示,第二屏蔽层 $S2$ 超过间隙 G 的侧面的大宽度,使磁通量向第二屏蔽层 $S2$ 延伸并延伸到极端部元件 $PT2$ 的宽度以外。这种“侧边缘”磁通量造成了侧向写入,可能使道偏移性能降低。这个问题已经通过在第二屏蔽层 $S2$ 上在间隙 G 的各侧上的 78 和 79 作出缺口从而给第二屏蔽层 $S2$ 提供一个构成极端部元件 $PT1b$ 的基座,而得到了克服。在基座极端部元件 $PT1b$ 下面是一个能称为极端部元件 $PT1a$ 的区域。极端部元件 $PT1a$ 和 $PT1b$ 是包括第二屏蔽层 $S2$ 的底极件 $P1$ 的向前延伸部分。第二屏蔽层 $S2$ 的宽度足以有效地屏蔽读取头 50 的 MR 元件。该宽度可以在 $50\mu m$ 的量级,相比之下极端部元件的宽度为 $2\mu m$ 。应该注意的是,第二屏蔽层 $S2$ 的缺口 78 和 79 提供了具有第一和第二竖直侧壁 80 和 82 的基座极端部元件 $PT1b$ 。类似地,间隙层 G 带有第一和第二竖直侧壁 84 和 86。在间隙层 G 的顶部上的极端部元件 $PT2$ 带有第一和第二竖直侧壁 88 和 90。极端部元件 $PT1b$ 、间隙 G 、和极端部元件 $PT2$ 的第一侧壁 80、84、和 88 分别邻接地位于第一竖直平面 100 内,且第二竖直壁 82、86 和

90 邻接地位于第二竖直平面 102 内。如图 6 所示, 竖直平面 100 和 102 在 *ABS* 处彼此之间等距间隔, 以形成写入头 52 的道宽 w 。第一和第二竖直侧壁 100 和 102 还与 *ABS* 相垂直。第一和第二竖直侧壁 100 和 102 的间距最好从 *ABS* 直到零喉高度都相等。然而, 如果需要的话, 它们可以从 *ABS* 分开。在第一和第二竖直侧壁 100 和 102 中的极端部元件的侧壁的竖直对准和基座极端部元件 *PT1b* 一起, 对于减小由于第二屏蔽层 *S2* 的大横向宽度造成的侧向写入, 是重要的。基座极端部 *PT1b* 的重要性将在下一段中描述。

已经发现, 基座极端部元件 *PT1b* 的长度可以比以前所能想象的小很多。本发明人已经确定了第二屏蔽层 *S2* 的最优缺口深度, 以形成具有最优长度的基座极端部元件 *PT1b*。图 9 至 12 显示了这种分析的结果。以下的描述适合于图 9 至 12 中的每一个图: (1) 在底极件 *P1* 的平面侧道写入场中, 显示了带缺口的写入头; (2) 以 μm 为单位绘制出归一化头场与道偏移位置的关系; (3) 有效边缘场为归一化头幅度的 0.4, 因为大多数的头都被设计在盘介质的矫顽力的 2.5 倍附近; (4) 道偏移位置是从间隙 *G* 的侧壁沿着间隙的横向中心线测量的; (5) 间隙长度为 $0.4\mu\text{m}$; (6) 头在转动的盘上方的飞行高度为 $0.075\mu\text{m}$; (7) 标为“最大”的虚线是没有缺口因而也没有基座极端部元件 *PT1b* 时的侧道写入场, 因而间隙层 *G* 直接位于第二屏蔽层 *S2* 之上(见图 14); (8) 标为“最小”的虚线是具有无限长度的基座极端部元件 *PT1b* 的侧道写入场; 且 (9) 虚线的“最大”和

“最小”之间的连续线是分析的结果。在图 9 中,基座极端部元件 $PT1b$ 的长度,如图 5 所示,是间隙长度的三倍,或 $1.2\mu\text{m}$ 。可以看到,在归一化头场的 0.4 处,侧道写入场非常接近具有无限长度的基座极端部元件 $PT1b$ 的最小侧道写入场。在图 10 中,基座极端部 $PT1b$ 的长度是间隙的长度的两倍或 $0.8\mu\text{m}$ 。在 0.4 归一化头场处的结果也非常接近具有无限长度的极端部元件的最小侧道写入场。在图 11 中,基座极端部 $PT1b$ 的长度是间隙长度的一倍,或 $0.4\mu\text{m}$,它的性能仍然比由“最大”虚线表示的极端部不在时更接近于由“最小”虚线表示的无限极端部。图 11 显示出,即使用第二屏蔽层 $S2$ 的 $0.4\mu\text{m}$ 的缺口,具有长度 $0.4\mu\text{m}$ 的基座极端部 $PT1b$ 也比完全没有基座的写入头在道偏移性能上有很大的改善。在图 12 中,基座极端部 $PT1b$ 的长度是间隙的长度的 0.5 倍或 $0.2\mu\text{m}$ 。即使采用 $0.2\mu\text{m}$ 的长度,基座极端部 $PT1b$,在 0.4 归一化头场处,也比完全没有基座的情况改善了 40%。

上述分析显示出,基座极端部 $PT1b$ 的长度可以非常短,但仍然能显著改善道偏移性能。该长度的一个可接受范围是间隙长度的 0.5 至 3.0 倍,而间隙长度的两倍是基座极端部 $PT1b$ 的最佳长度。应该注意的是,间隙长度可以不同于所显示的 $0.4\mu\text{m}$ 。对于可接受的性能,间隙长度可取在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.7\mu\text{m}$ 的整个范围内。因此,基座极端部 $PT1b$ 的缺口或长度将为所设计间隙长度的 0.5 至 3.0 倍。相当重要的是基座元件 $PT1b$ 可以在不改变层 $S2$ 在遮蔽 MR

元件方面的性能的情况下,被形成在读取头 50 的第二屏蔽层 $S2$ 中。该第二屏蔽层 $S2$ 一般为 7 至 $8\mu\text{m}$ 厚,且大约 $1\mu\text{m}$ 的缺口将不影响其性能。然而,如果需要,第二屏蔽层 $S2$ 的淀积厚度可以更大,以容纳缺口 78 和 79。重要的是缺口在淀积用于基座极端部 $PT1b$ 的一个单独层时节省了一个步骤。然而应该理解,在第二屏蔽层 $S2$ 之上可以淀积一个单独的层,并随后形成适当的缺口,以提供由不同于第二屏蔽层 $S2$ 的材料制成的基座极端部元件 $PT1b$ 。在基座极端部 $PT1b$ 由不同于第二屏蔽层 $S2$ 的材料制成时,这可能是需要的。例如,基座极端部 $PT1b$ 可以由高饱和材料—诸如氮化铁—制成,以应付大量的磁通量,而第二屏蔽层 $S2$ 可以由低饱和材料—诸如坡莫合金—制成。具有不同于第二屏蔽层 $S2$ 的材料的基座极端部 $PT1b$ 的结构,将在下面得到更详细的描述。

虽然基座极端部 $PT1b$ 的短长度是一个重要的发现,同样重要的是极端部元件 $PT1b$ 和 $PT2b$ 的侧壁在 ABS 处要相互竖直地对准,如图 6 所示。实现这些纵向侧壁的结构的方法是另一个发现,它将在后面在“复合 MR 头的制造方法”的标题下作详细描述。

现在可以将图 5 和 6 的复合 MR 头 46 与图 14 和 15 的现有技术复合 MR 头进行比较。在现有技术复合 MR 头中,极端部元件 $PT2$ 被形成在第二屏蔽层 $S2$ 的顶部,且两者之间有间隙 G 。第二屏蔽层 $S2$ 起着底极件 $P1$ 的作用,且在其向前延伸的部分起着极端部元件 $PT1$ 的作用。分隔极端部元件 $PT2$ 和第二屏蔽层 $S2$ 的唯一

元件是间隙层 G 。由于 $S2$ 层与极端部元件 $PT2$ 的宽度相比具有大的横向宽度，所以有较大的侧边缘场从极端部元件 $PT2$ 延伸到其宽度以外并达到第二屏蔽层 $S2$ 。这导致了实际的侧向写入和劣质的道偏移性能。希望的是，磁通量能在极端部元件 $PT2$ 与作为极端部元件 $PT1$ 的第二屏蔽层 $S2$ 之间通过，并完全处于由极端部元件 $PT2$ 的侧壁形成的平面内。图 5 和 6 的复合 MR 头正是实现了这种所希望的性能。

图 13 显示了现有技术感应头的 ABS 图。该感应头包括由间隙 G 分离的极端部元件 $PT1$ 和 $PT2$ 。该感应头采用了元件 $PT1$ 、 G 和 $PT2$ ，以形成读取和写入功能。在完成写入功能时，一个未显示的线圈将磁通量感应到极端部元件 $PT1$ 和 $PT2$ 中，以进行写入操作。在读取操作时，极端部元件 $PT1$ 和 $PT2$ 以及它们的对应极件将磁通量感应到同一线圈中，以执行读取功能。该现有技术感应头的道偏移性能好于图 14 和 15 所示的现有技术复合 MR 头的道偏移性能。这是由于极端部元件 $PT1$ 和 $PT2$ 的侧壁更接近于竖直对准。然而，该感应头的现有技术结构必然导致极端部 $PT1$ 和 $PT2$ 向着基底变宽。按照这种顺序，极端部 $PT1$ 和 $PT2$ ，在其制成期间受到向下的离子束的研磨。当该离子束直着向下时，在研磨的极端部元件的侧壁上有较多的研磨碎屑再淀积物累积，使顶极端部元件 $PT2$ 对底极端部元件 $PT1$ 产生遮蔽，从而使其具有向外渐细的形状，如图 13 所示。与极端部元件 $PT2$ 相反，较宽的极端部元件 $PT1$ 将产

生某些不希望的侧向写入。另外，两种极端部(8 μm 至10 μm)的离子研磨都需要较长的时间。

图7和8示出本发明制造的复合MR头，与图5和6所示本发明制造的MR头略有变化。图7和8中，顶磁极P2被设置在底磁层110和112的顶部，而底磁层110和112分别具有形成极端部元件PT2a和PT2b的向前的延伸部分。极端部元件PT2b具有第一和第二竖直侧壁114和116，且极端部元件PT2a具有第一和第二竖直侧壁118和120。如图8所示，基座极端部PT1b的第一侧壁80、84、114和118、间隙层G、和极端部元件PT2b和PT2a分别位于第一竖直平面100中，且基座极端部PT1b的第二侧壁82、86、116和120、间隙层G、和极端部元件PT2b和PT2a分别位于第二竖直平面102中。虽然所示的极端部元件PT2a的侧壁也是与其下的极端部元件竖直对准的，但如果极端部元件PT2b具有大约为间隙G的长度的三倍的长度，则这就不是必要的。这是由于在超过该长度以外的距离通过的磁通量将变得不重要。因此，极端部元件PT2a在ABS处可以具有比极端部元件PT1b和PT2b的宽度大得多的宽度。当希望极端部元件PT2b具有不同于极端部元件PT2a的材料时，极端部元件PT2a和PT2b可以被制成两个分离的层。例如，极元件PT2b可以由高饱和材料—诸如氮化铁—制成，而极端部元件PT2a可以由饱和程度较低的材料—诸如坡莫合金—制成。借助这种设置，极端部元件PT2b可以携带大量的磁通量而不发生

饱和。

借助以下描述的制造方法,本复合 MR 头 46 的极端部元件的宽度可以窄到 $2\mu\text{m}$ 。这小于图 5 的现有技术感应头的正常宽度,即 4 至 $5\mu\text{m}$ 。图 5 和 6 的极端部元件 $PT1b$ 和 $PT2$ 的宽度或图 7 和 8 的极端部元件 $PT1b$ 和 $PT2b$ 的宽度,确定了复合 MR 头的写入头部分的道宽度。由此可以确定 TPI ,它是决定写入头的面密度的一个因素。

图 3 和 4 显示了写入头的一个更为完整的实施例,图中一些部分被除去了,以显示各种细节。覆盖层 112 的一部分被剖开,绝缘层 I_2 和 I_3 已经被除去,且在图 3 中没有显示所有的线圈传导层 70。导体 70 在位于顶和底极件 $P2$ 和 $P1$ 之间的后间隙 BG 周围延伸。线圈导体 70 的一端与导线 72 在 73 相连,且该导体的另一端(未显示)与导线 74 相连。当信号电流经过导线 72 和 74 而被传送到导体 70 时,导体 70 在顶和底极件 $P2$ 和 $P1$ 中感应出磁通量。这又在 ABS 处跨过极端部感应出前后的磁通量。

复合 MR 头的制造方法

本发明的复合 MR 头是采用已知薄膜光刻和离子束研磨步骤的独特组合来制造的。光刻包括利用光刻胶图形镀膜处理淀积磁层和借助光刻胶及显影处理淀积绝缘层。离子束研磨是在一个腔中进行的。图 16 显示了这种腔内含部件的一个例子。加工件(未显示)

被放置在旋转台 130 上,并以恒定的转速旋转。在旋转期间,一个或多个离子束 132 和 134 被射向加工件。这些离子束最好是氩离子。所示的初级源离子束 132 竖直向下照射,而所示的次级源离子束 134 与竖直方向成一个角度地照射。如在下面将要详细解释的,本发明的离子束研磨只是由与竖直方向成一定角度的离子束实现的。一个快门 136 被以枢轴的方式安装,以便相对于旋转台 130 上的加工件(未显示)开通和切断离子束。

复合 MR 头 46 的 MR 读取头 50 部分的结构是现有技术中众所周知的。层 S1、G1、MR 元件、G2 和 S2 都是借助薄膜光刻处理步骤淀积的。如图 5 所示,读取头的第二屏蔽层 S2 是从 ABS 至后间隙并包括该后间隙而淀积的,以使 S2 层具有位于 ABS 和零喉高度之间的极端部部分和位于零喉高度和后间隙之间的后部。写入头 52 的底极件 P1 包括这种第二屏蔽层 S2。这种组合决定了复合 MR 头。

本发明的第二个发现是两方面的。首先,顶磁极 P2 的极端部结构被用作将基座用离子束研磨成底极件 P1 的极端部结构的掩模。第二,该离子束与顶极端部结构的侧壁成角度地并以单个的成角度的离子束或一对成角度的离子束的方式进行照射。采用一对成角度的离子束是较好的,并可以依次照射或同时照射。对于所有实施例都重要的是以附加的厚度淀积顶极端部结构。这种额外的厚度将被离子束研磨所减小,以在底极端部结构中形成基座。

在图 17 至 23 中显示了照射离子束以制造本发明的图 5 和 6 实施例的离子束各种实施例。在此实施例中,极端部元件 *PT2* 被用作形成底极端部结构的掩模。同样的方法将被用来制成本发明的图 7 和 8 的实施例。在此实施例中,极端部元件 *PT2b* 自己或者极端部元件 *PT2b* 和 *PT2a* 可以被用作形成底极端部结构的掩模。

图 17、18 和 19 显示了依次采用两个具有不同角度的离子束来形成底极端部结构。图 17 显示了以额外的厚度制作极端部元件 *PT2*, 以便能够在离子束研磨期间减小该厚度。*PT2* 层的开始厚度可以在 $7\mu\text{m}$ 的量级, 其中包含的额外的厚度在 $2\mu\text{m}$ 的量级。极端部元件 *PT2* 带有竖直侧壁 88 和 90。形成极端部元件 *PT2* 的过程将在下面详细描述。在图 17 中, 所显示的离子束以与极端部元件 *PT2* 的侧壁成 30° 的角度照射。虽然所示的离子束只照射在极端部元件 *PT2* 的侧壁 90, 但由于加工件由旋转台 130 如上所述地进行转动, 所以离子束将照射在侧壁 88 和 90 上。间隙层 *G* 被淀积在 *P1/S2* 层上, 且极端部元件 *PT2* 被淀积在间隙层 *G* 上。如上所述, 当离子束竖直向下照射时, 切下的相当一部分材料(碎屑)将重新淀积在研磨的元件的侧壁上。通过使离子束与极端部元件 *PT2* 的侧壁成 30° , 如图 17 所示, 将会有显著的切下, 然而, 在切下操作中, 离子束也进行了一定程度的碎屑清除。 30° 角度是最佳角度, 然而, 对于两角度实施例, 它可以在 20° 和 40° 之间。图 17 显示了切除操作的开始, 而图 18 显示了切除操作的最后结果。在该切除操作中, 极端部

元件 *PT2* 在第二屏蔽层 *S2* 中切出基座极端部元件 *PT1b* 时用作掩模。30°离子束之后是 75°的离子束,如图 19 所示,以清除在 30°操作之后仍然留下的重新淀积物。75°离子束对于清除重新淀积是最佳的,然而,它可以处于与极端部元件 *PT2* 的侧壁成 65°至 85°的范围内。应该注意的是,在切除操作期间,极端部元件 *PT2* 的厚度减小了所加上的诸如 2 μm 的额外的厚度(见图 17)。使人惊奇的结果是,在这种研磨之后,基座极端部 *PT1b* 的侧壁与极端部元件 *PT2* 的侧壁相对准。基座极端部 *PT1b* 已经通过在第二屏蔽层 *S2* 中形成缺口 78 和 79 而制成。间隙层 *G* 可以借助 30°和 75°离子束研磨,或者在离子束研磨之前借助化学蚀刻而达到其宽度。

图 20 和 21 显示了离子束研磨的一个实施例,它与图 17、18 和 19 的实施例类似,只是 30°和 75°离子束被同时照射,以完成切除和清除操作。

图 22 和 23 显示了离子束研磨的一个实施例,其中采用了一个单个的离子束来进行切除和清除以确定极端部基座 *PT1b*。前面描述的两角度离子束方法比单个离子束方法好。然而,采用单个的离子束也能够获得令人满意的结果。对于单个的离子束,最佳的角度为 55°,然而,45°至 65°之间是可以接受的范围。

图 24 至 28 显示了构成用于本发明的图 5 和 6 实施例的极端部元件的其他细节。在图 24 中,采用了一个光刻胶图形来将顶磁极 *P2* 及其极端部部分 *PT2* 镀膜。该镀膜操作还镀膜了图形以外的部

分, 它被称为 $P2$ 区域。在图 25 中, 光刻胶图形已经被除去, 留下了极端部 $PT2$, 在其各侧有 $P2$ 区域。在图 25 中, 可以看到间隙层 G 被淀积在 $P1/S2$ 层上, 且极端部元件 $PT2$ 被淀积在间隙层 G 上。借助该图形镀膜处理, 极端部元件 $PT2$ 将本身带有竖直取向的侧壁 88 和 90。在图 26 中, $P2$ 区域已经被除去且一个光刻胶掩模已经被覆盖在极件 $P2$ 的顶部, 并有将极端部元件 $PT2$ 暴露的开口或窗口 140。该光刻胶窗口在图 27 中得到了更详细的显示。如上所述, 一个或多个离子束随后通过该光刻胶窗口进行照射, 如图 28 所示, 以在 $P1/S2$ 层上形成缺口, 从而提供基座极端部元件 $PT1b$ 。

图 29 至 33 显示了制造本发明的图 7 和 8 实施例的极端部结构的处理步骤。这些步骤与图 24 至 28 所解释的相同, 只是顶磁极 $P2$ 由两层构成, 以提供两个极端部元件 $PT2a$ 和 $PT2b$, 如图 30 所示。在离子束研磨之后, 如图 33 所示, 形成了一个基座极端部元件 $PT1b$ 且顶极端部结构包括极端部元件 $PT2a$ 和 $PT2b$ 。如上所述, 极端部元件 $PT2b$ 可以用与极端部元件 $PT2a$ 不同的材料制成。图 34 显示了另一个实施例, 其中一个磁层在离子束研磨之前被设置在第二屏蔽层 $S2$ 之上。在此情况下, 底极端部结构将包括两个基座极端部元件, 即 $PT1b$ 和 $PT1c$ 。同样, 极端部元件 $PT1c$ 可以由与极端部元件 $PT1b$ 不同的材料制成。极端部元件 $PT2b$ 和 $PT1c$ 可以由高度饱和材料 ($4\pi m_s$), 诸如氮化铁制成, 且极端部元件 $PT1b$ 和 $PT2a$ 的材料可以是低饱和材料, 诸如坡莫合金。该高度饱和材料将

使大量的磁通量能够通过最接近间隙层 G 的极端部而不产生饱和。

现在很明显的是,制造复合 MR 头的方法概括地包括以下步骤:从 ABS 到并包括后间隙淀积读取头的第二屏蔽层 $S2$,从而使 $S2$ 层具有位于 ABS 与零喉高度之间的极端部部分和位于零喉高度与后间隙之间的后部(见图 5 和 6);从 ABS 到零喉高度,在第二屏蔽层 $S2$ 上淀积间隙层 G (见图 5 和 6);在间隙层 G 和第二屏蔽层 $S2$ 上淀积磁层,从而在间隙层 G 上形成带有极端部元件 $PT2$ 的顶磁极 $P2$ (见图 24 和 25);以及,利用极端部元件 $PT2$ 作为掩模,沿着与 ABS 大体平行的方向并与极端部元件 $PT2$ 的第一和第二侧壁 88 和 90 成一个角度地,将至少一个离子束照射到第二屏蔽层 $S2$ 的极端部部分上,以便在极端部元件 $PT2$ 道偏移各侧在 $S2$ 层上在 78 和 79 形成缺口,这些缺口在第二屏蔽层 $S2$ 上形成一个基座,该基座是极端部层 $PT1b$,且除去基座极端部元件 $PT1b$ 的、在 ABS 与零喉高度之间的第二屏蔽层 $S2$ 是极端部元件 $PT1a$ (见图 17 至 19),极端部 $PT1b$ 和 $PT2$ 的第一侧壁 80 和 88 在第一竖直平面 100 内相对准,且极端部 $PT1b$ 和 $PT2$ 的第二侧壁 82 和 90 在第二竖直平面 102 中相对准,第一和第二竖直侧壁 100 和 102 在 ABS 彼此相隔以决定复合 MR 头的道宽 w (见图 6)。用至少一个离子束进行照射的步骤可包括第一和第二离子束,第一离子束处于 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ 的范围中的角度 θ ,且第二离子束处于 $60^\circ \leq \theta \leq 85^\circ$ 的范

范围内的角度 θ 。淀积间隙层G的步骤可以包括设置间隙层,该间隙层具有适当的厚度,该厚度限定了在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.7\mu\text{m}$ 范围中的长度 g ,而极端部元件PT1b在ABS处的长度在 $0.5g$ 至 $3.0g$ 的范围内。用至少一个离子束进行照射的步骤可以包括在第二屏蔽层S2上在78和79形成缺口,以使各个缺口大约为 $0.7\mu\text{m}$ 深,从而给极端部元件PT1b提供大约 $0.7\mu\text{m}$ 的长度;且用至少一个离子束进行照射的步骤使极端部元件PT2的层厚减小大约 $2\mu\text{m}$ 。

现在明显的是,上述发现使得复合MR头能够具有竖直对准的、与间隙层相邻的极端部,且底极端部元件相对于复合MR读取头的第二屏蔽层S2为一个基座。侧壁的竖直对准使极端部之间的侧向写入的减小达到了最佳。

显然,本发明的其他实施例和修正对于本领域中的技术人员是显而易见的。因此,本发明只由所附的权利要求书限定,且当结合以上的说明书和附图看时,该权利要求书包括了所有这种实施例和修正。

说明书附图

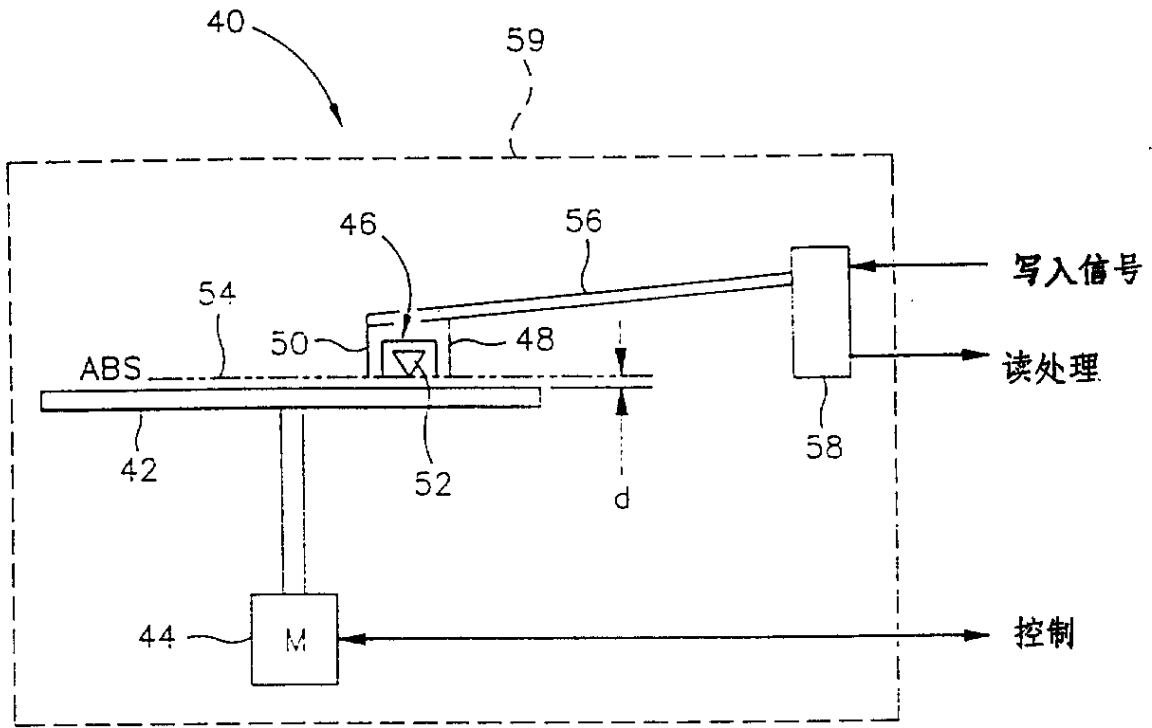


图1

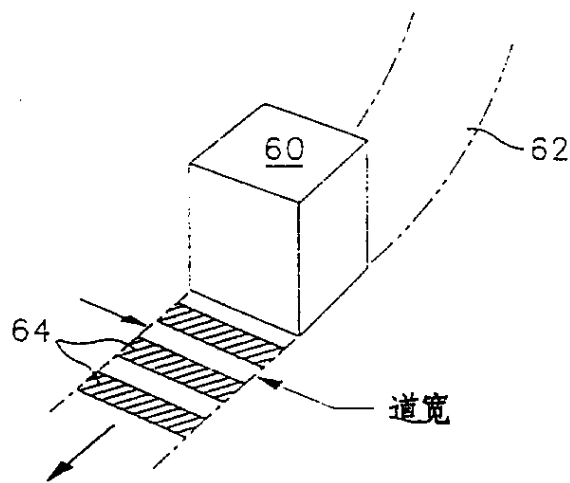
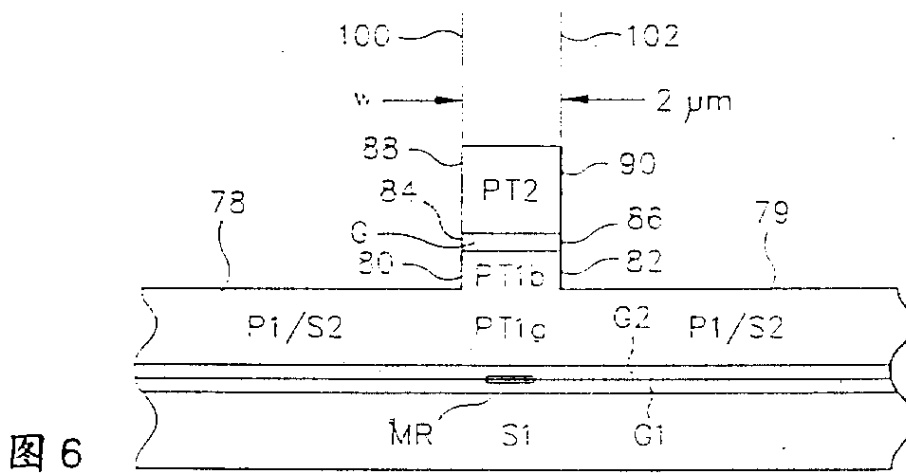
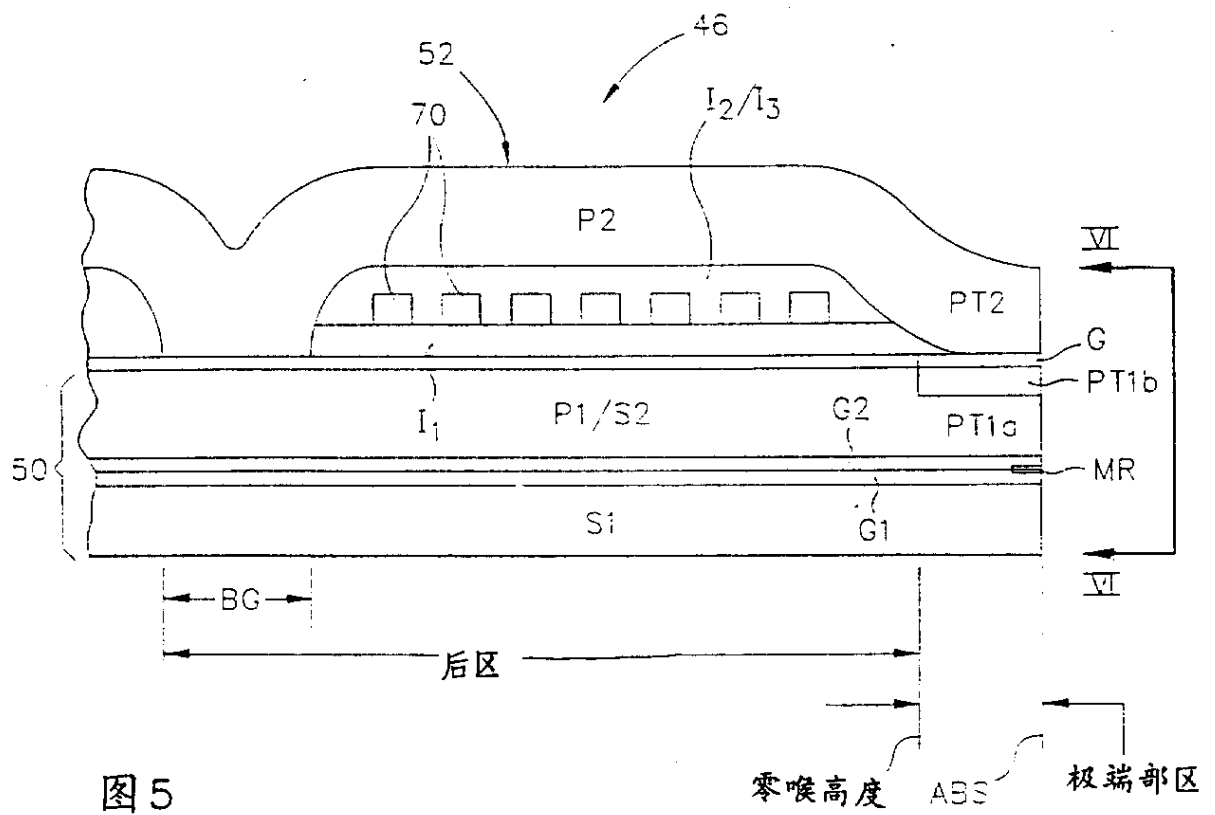


图2



P1 带缺口写入头的平面内侧 道写入场

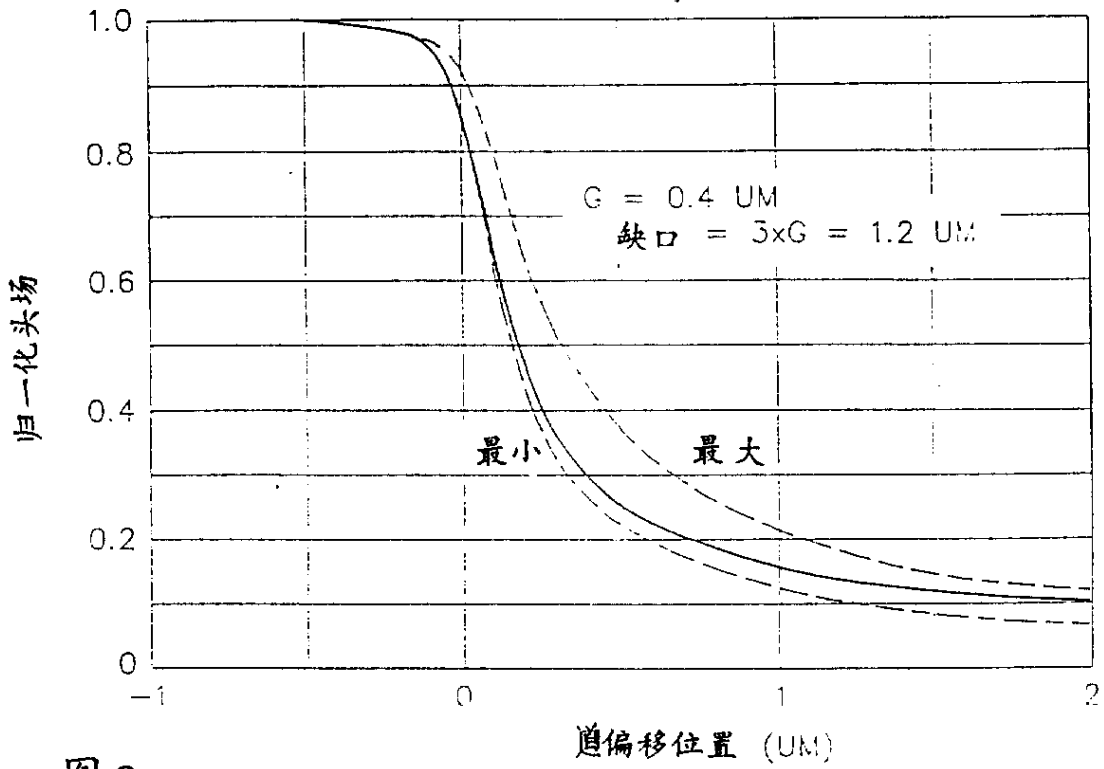


图 9

P1 带缺口写入头的平面内侧 道写入场

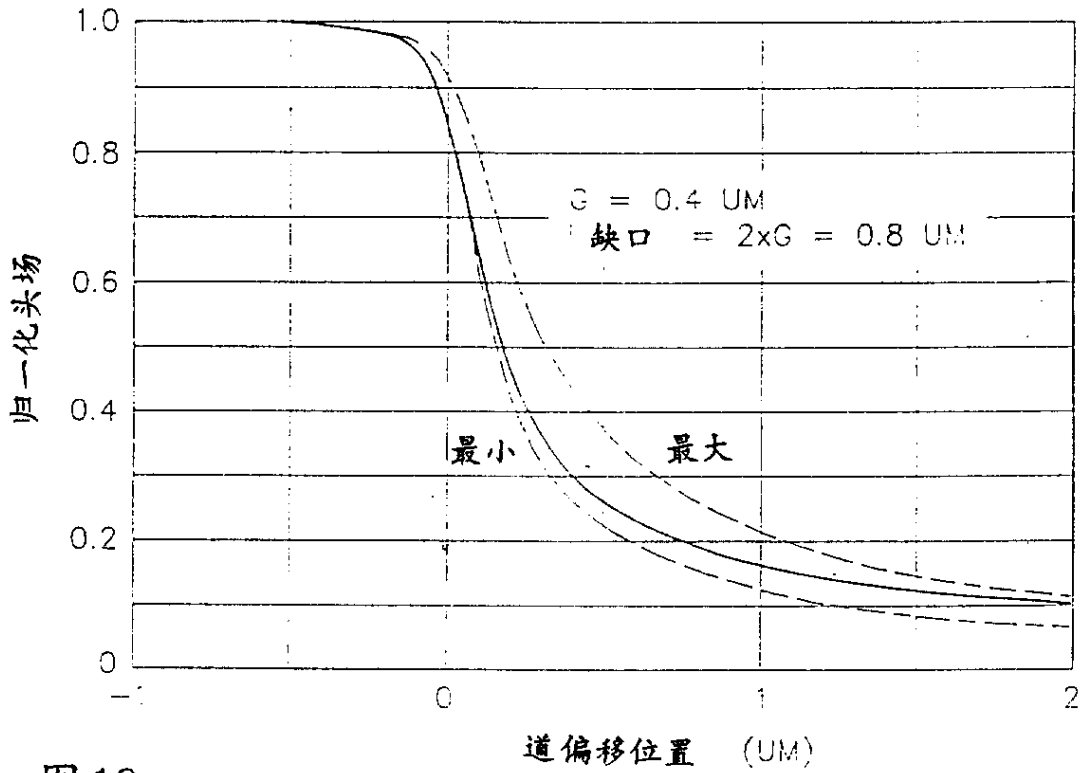


图 10

P1 带缺口写入头的平面内侧向道写入场

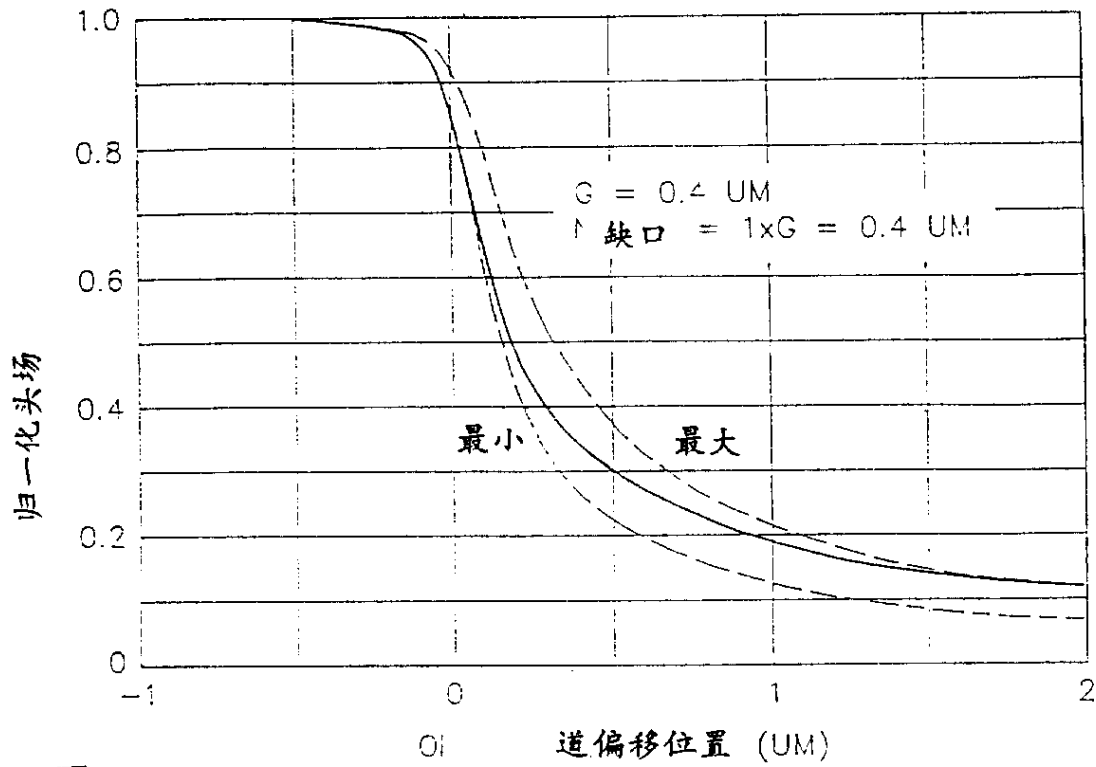


图 11

P1 带缺口写入头的平面内侧向道写入场

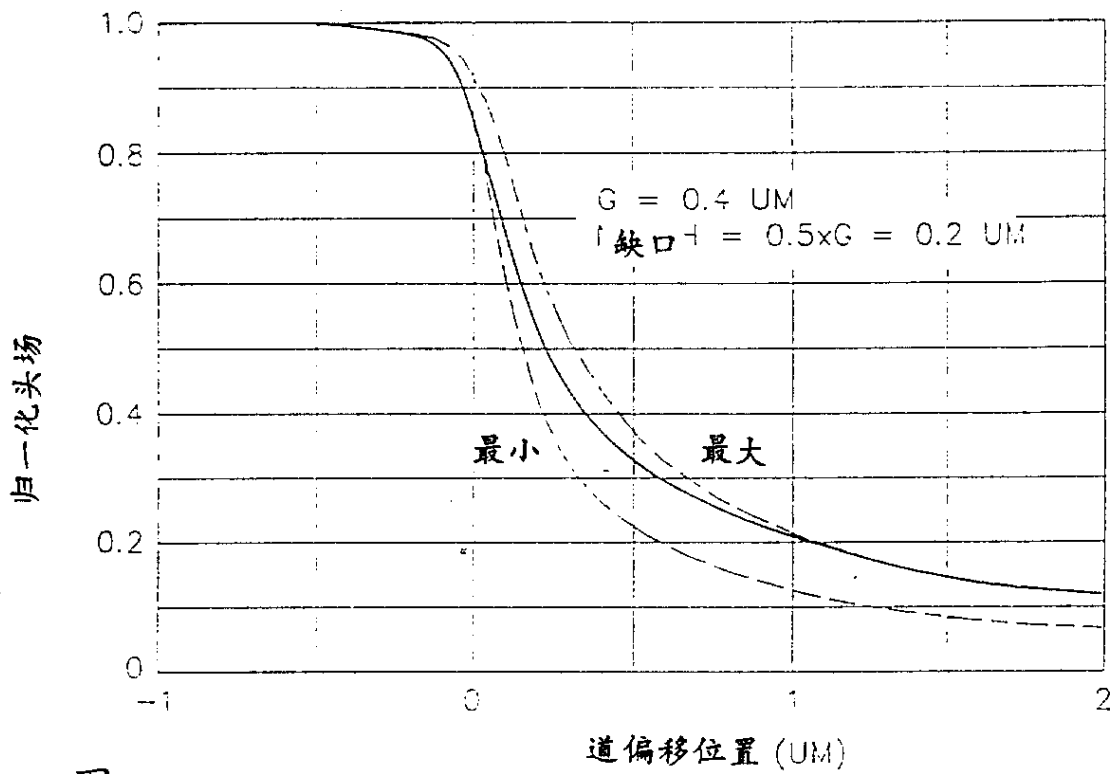


图 12

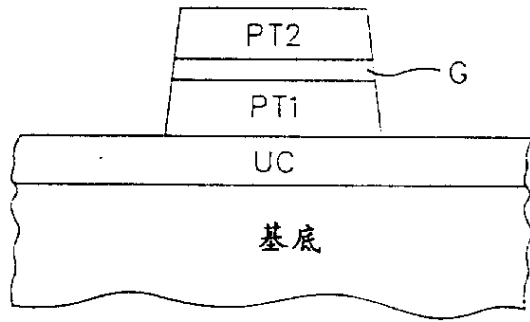


图13
(现有技术)

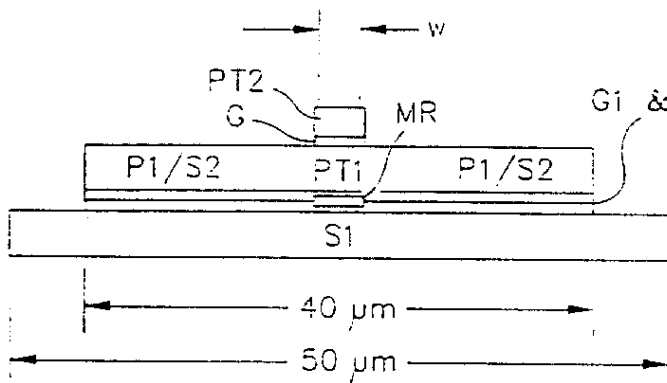


图14
(现有技术)

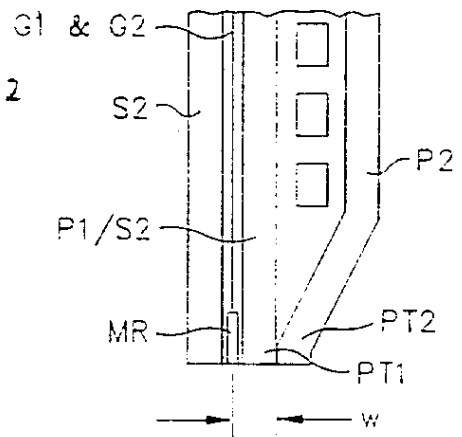


图15
(现有技术)

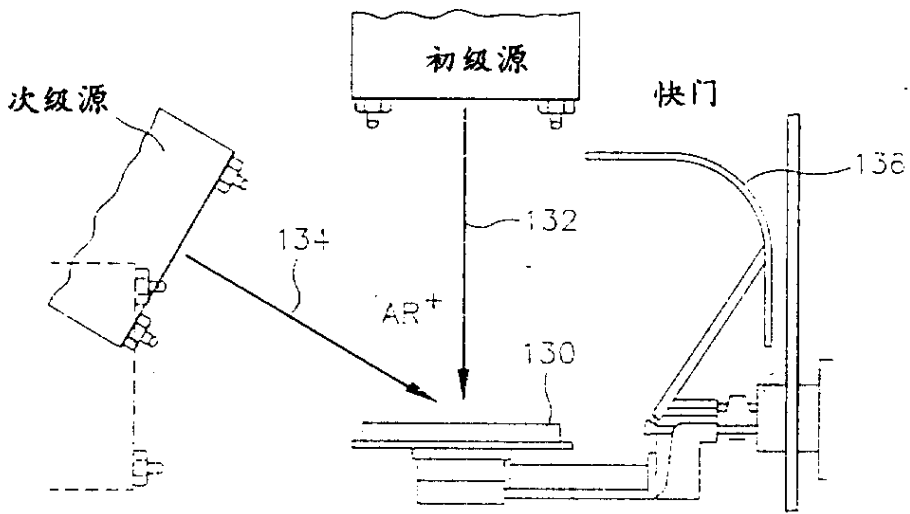
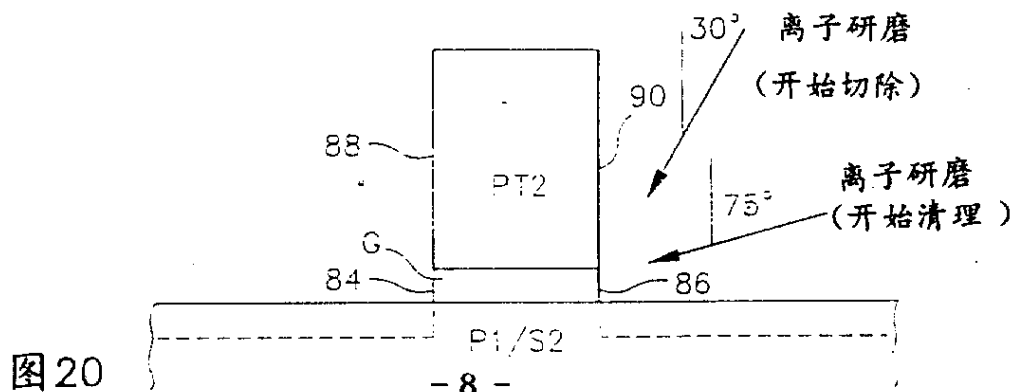
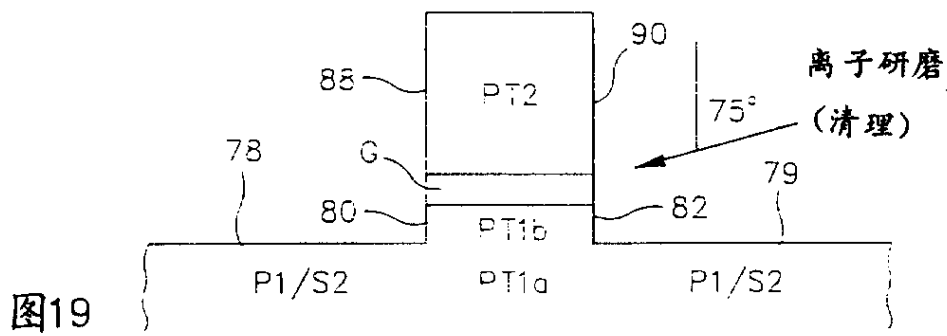
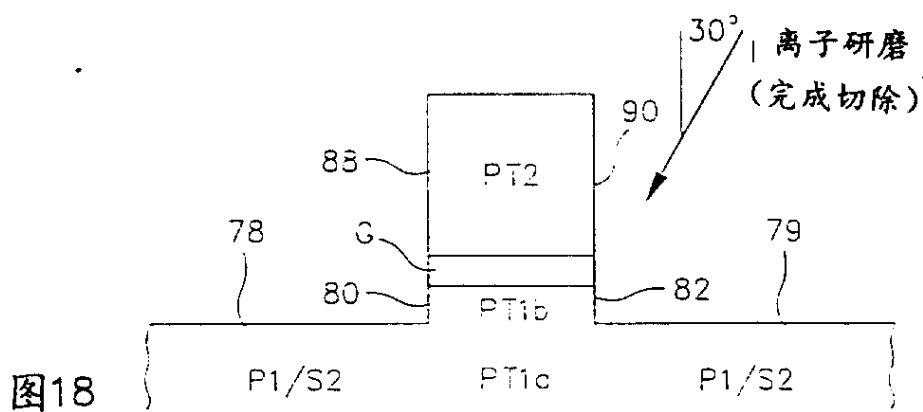
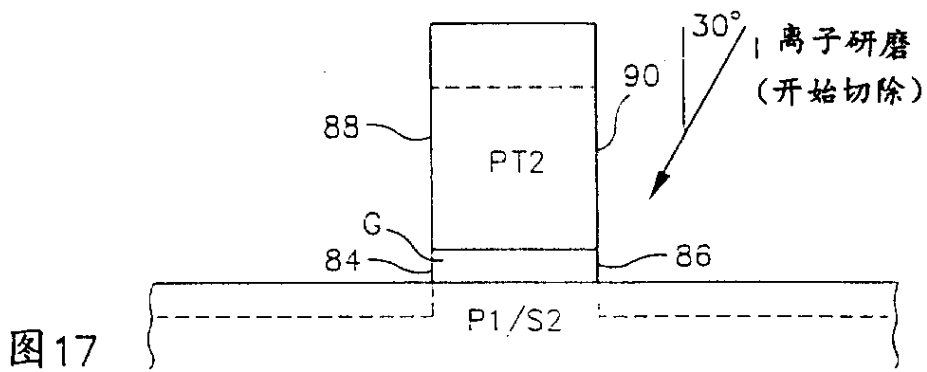
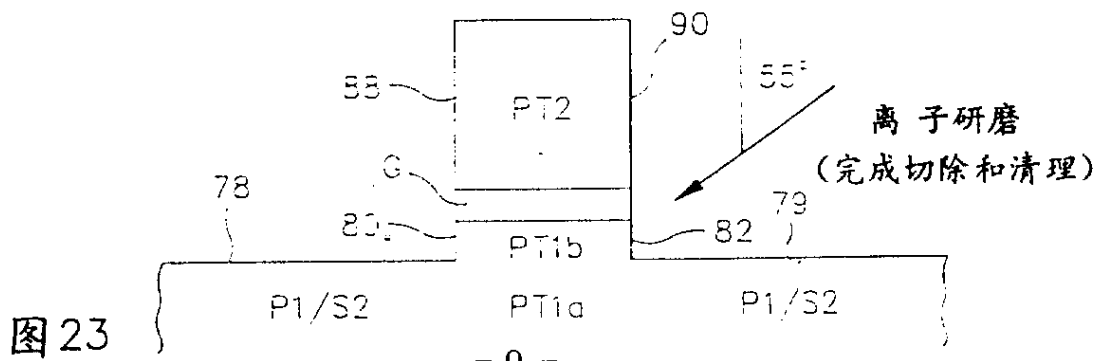
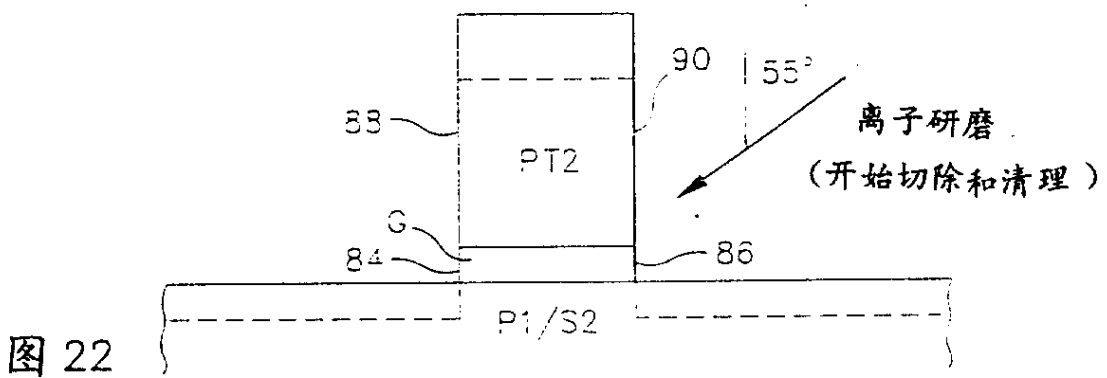
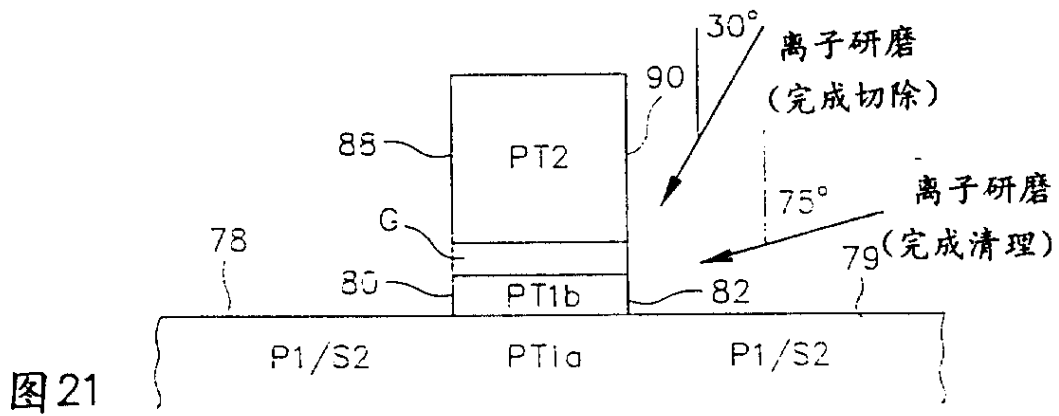


图16





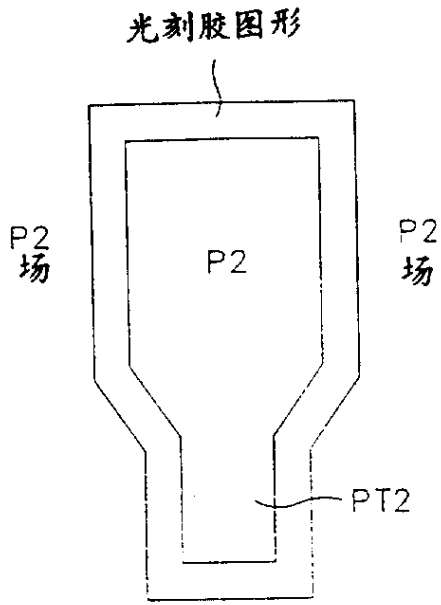


图 24

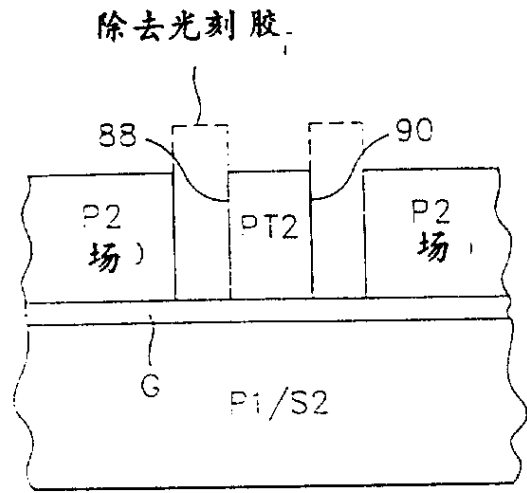


图 25

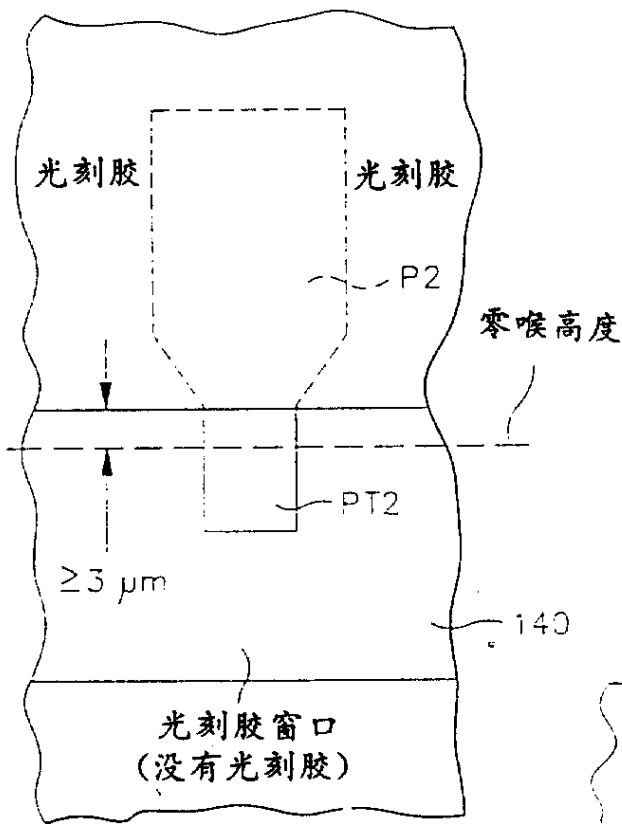


图 26

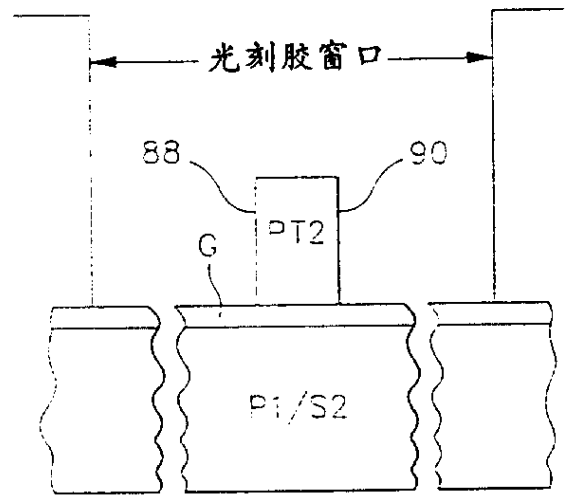


图 27

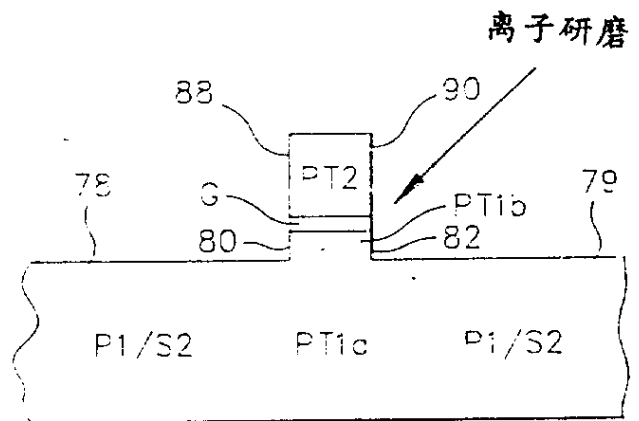


图 28

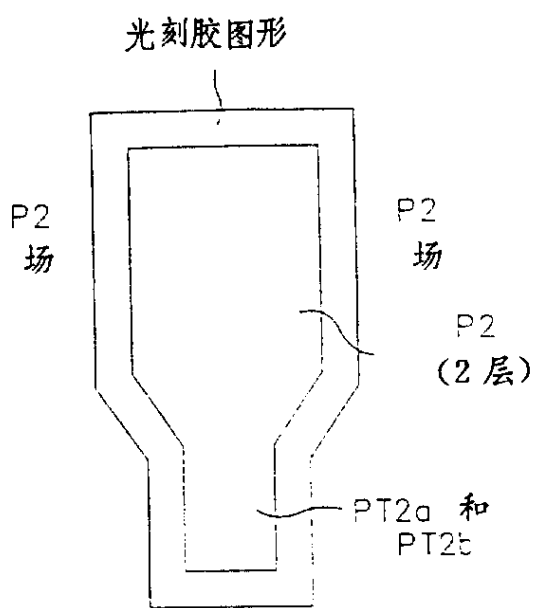


图 29

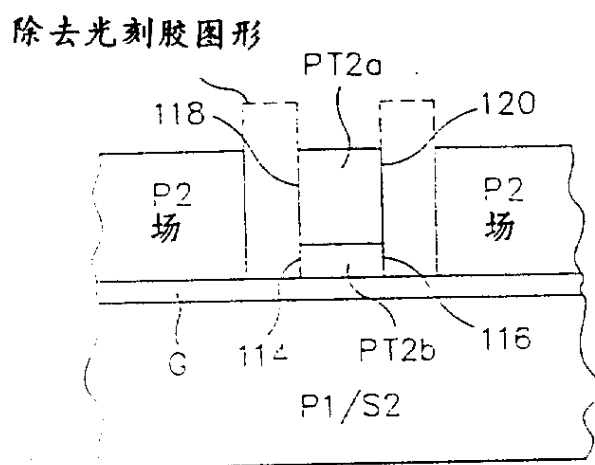


图 30

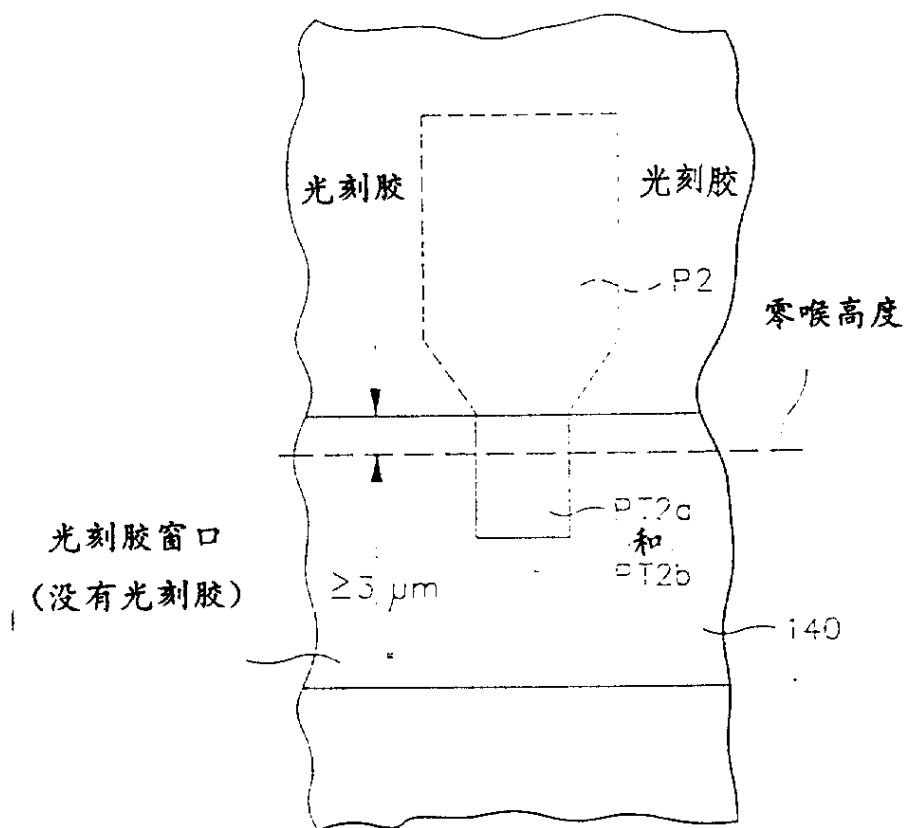


图 31

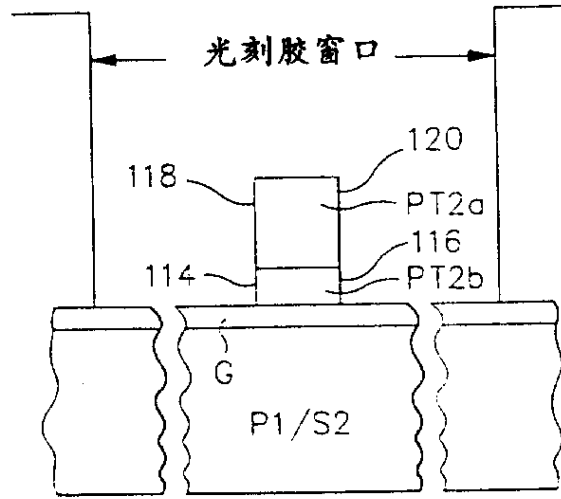


图32

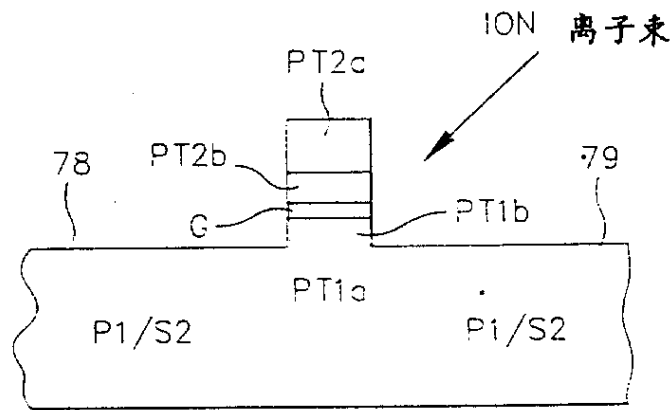


图33

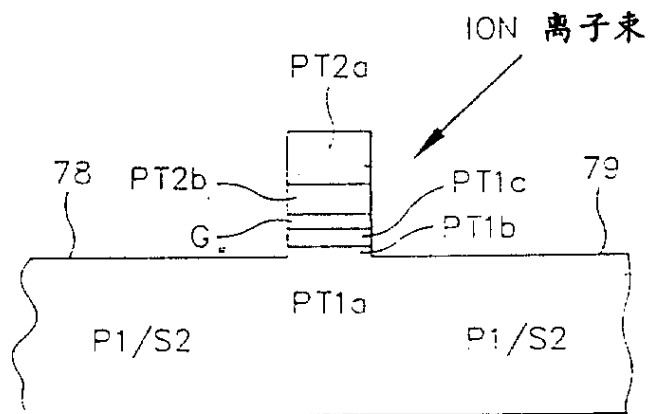


图34