

[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 01800706.6

[51] Int. Cl.

C23C 16/40 (2006.01)

C23C 14/08 (2006.01)

C23C 14/22 (2006.01)

H01L 21/31 (2006.01)

H01L 21/316 (2006.01)

H01L 27/10 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1302151C

[51] Int. Cl. (续)

H01L 41/22 (2006.01)

[22] 申请日 2001.3.29 [21] 申请号 01800706.6

[30] 优先权

[32] 2000. 3. 29 [33] JP [31] 91603/00

[86] 国际申请 PCT/JP2001/002631 2001.3.29

[87] 国际公布 WO2001/073161 日 2001.10.4

[85] 进入国家阶段日期 2001.11.28

[73] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 名取荣治

[56] 参考文献

JP8 - 124923A 1996.5.17

JP2 - 200782A 1990.8.9

审查员 张京德

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 陈景峻 叶恺东

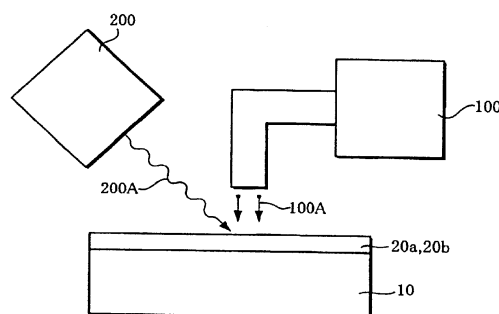
权利要求书 5 页 说明书 12 页 附图 8 页

[54] 发明名称

强介电体的制法及其制造装置

[57] 摘要

强介电体的制法包含在预定区域边供给至少成为强介电体原材料一部分的氧活性粒子(100A)和电磁波(200A)，边形成强介电体膜的工序。也可以在前述规定区域上形成由强介电体原材料一部分的物质构成的膜。还包含在第1强介电体膜(20a)上供给活性粒子(100A)和电磁波(200A)，形成与第1强介电体膜(20a)的结晶构造不同的第2强介电体膜的工序。



1. 一种强介电体的制法，包含在基体上的区域供给至少成为强介电体原材料一部分的氧活性粒子和电磁波，同时形成强介电体膜的工序。

2. 根据权利要求1所述的强介电体的制法，在前述基体上的区域上利用强介电体原材料一部分的物质构成膜。

3. 一种强介电体的制法，包含在第1强介电体膜上供给氧活性粒子和电磁波，形成与前述第1强介电体膜的结晶构造不同的第2强介电体膜的工序。

4. 根据权利要求3所述的强介电体制法，前述第1强介电体膜由非结晶状态的强介电体构成。

5. 根据权利要求3所述的强介电体制法，前述第1强介电体膜由结晶性低的强介电体构成。

6. 根据权利要求1所述的强介电体制法，其中成为前述强介电体原材料一部分的氧活性粒子是使包含氧的物质活性化得到的原子团、离子或臭氧。

7. 根据权利要求3所述的强介电体的制法，前述氧活性粒子是使包含氧的物质活性化得到的原子团、离子或臭氧。

8. 根据权利要求1-7之一所述的强介电体制法，包括把由惰性气体活性化得到的离子加给前述的氧活性粒子，甚至供给到基体上的区域。

9. 根据权利要求1所述的强介电体制法，前述强介电体膜的厚度为5-30nm。

10. 根据权利要求3所述的强介电体制法，前述第2强介电体膜厚为5-30nm。

11. 一种强介电体的制法，包括在基体上的区域上供给至少成为强介电体原材料一部分的氧活性粒子及电磁波中的至少一种，同时重复进行形成规定厚度强介电体膜的工序，形成具有规定厚度的膜。

12. 根据权利要求11所述的强介电体制法，在前述基体上的区域上形成由成为强介电体原材料一部分的物质构成的膜。

13. 根据权利要求11所述的强介电体的制法，前述强介电体膜的

厚度为 5-30nm。

14. 根据权利要求 11 所述的强介电体制法，前述强介电体膜对基体是部分地形成。

15. 强介电体的制法，包含形成第 1 强介电体膜的第 1 工序，以及把氧活性粒子及电磁波中的至少一种供给前述第 1 强介电体膜，形成与前述第 1 强介电体膜的结晶构造不同的第 2 强介电体膜的第 2 工序，把前述第 1 和第 2 工序交替地进行，形成具有规定厚度的膜。

16. 根据权利要求 15 所述的强介电体制法，前述第 1 强介电体膜的厚度为 5-30nm。

17. 根据权利要求 15 所述的强介电体制法，前述第 1 强介电体膜对基体是部分地形成。

18. 根据权利要求 15 所述的强介电体制法，前述第 1 强介电体膜由非结晶状态的强介电体构成。

19. 根据权利要求 15 所述的强介电体制法，前述第 1 强介电体膜由结晶性低的强介电体构成。

20. 根据权利要求 11 所述的强介电体制法，成为前述强介电体原材料一部分的氧活性粒子是使包含氧的物质活性化得到的原子团，离子或臭氧。

21. 根据权利要求 15 所述的强介电体制法，前述氧活性粒子是使包含氧的物质活性化得到的原子团，离子或臭氧。

22. 根据权利要求 11 所述的强介电体制法，把由惰性气体活性化得到的离子加到前述氧活性粒子之上，甚至供给到规定区域。

23. 强介电体的制法，强介电体膜的形成区域是对基体的部分区域，包含：

在所述基体上的规定区域供给至少成为强介电体原材料一部分的物质的氧活性粒子以及电磁波中的至少一种，同时形成强介电体膜的工序。

24. 根据权利要求 23 所述的强介电体制法，在前述规定区域形成由成为强介电体原材料一部分的物质构成的膜。

25. 一种强介电体的制法，强介电体膜的形成区域是对基体的部分区域，包含：

在第 1 强介电体膜上供给氧活性粒子及电磁波中的至少一种，同

时形成与前述第1强介电体的结晶构造不同的第2强介电体膜的工序。

26. 根据权利要求23, 25之一所述的强介电体制法, 包含:

在前述基体的表面上, 形成对成膜的强介电体有亲和力的膜形成部和对成膜的强介电体没有亲和力的非膜形成部, 自整合地在前述膜形成部上形成强介电体膜的工序。

27. 根据权利要求25所述的强介电体制法, 前述第1强介电体膜由非结晶状态的强介电体构成。

28. 根据权利要求25所述的强介电体制法, 前述第1强介电体膜由结晶性低的强介电体构成。

29. 根据权利要求23所述的强介电体制法, 成为前述强介电体原材料一部分的物质的氧活性粒子是使由包含氧的物质活性化得到的原子团、离子或臭氧。

30. 根据权利要求25所述的强介电体制法, 前述氧活性粒子是使包含氧的物质活性化得到的原子团、离子或臭氧。

31. 根据权利要求23所述的强介电体制法, 把由隋性气体活性化得到的离子加给前述的氧活性粒子, 甚至也供给规定区域。

32. 根据权利要求23所述的强介电体制法, 前述强介电体膜的厚度为5-30nm。

33. 根据权利要求25所述的强介电体制法, 前述第2强介电体的厚度为5-30nm。

34. 根据权利要求23, 25之一所述的强介电体制法, 多次反复进行前述强介电体形成工序。

35. 根据权利要求1, 2, 11, 15, 23, 25之一所述的强介电体制法, 对基体部分地供给前述氧活性粒子及前述电磁波中的至少一种。

36. 根据权利要求35所述的强介电体制法, 对前述基体在相对移动状态下供给前述氧活性粒子及前述电磁波中的至少一种。

37. 根据权利要求3-5, 15-19之一或25所述的强介电体制法, 前述第1强介电体膜是由涂布法, LSMCD法, CVD法或溅射法形成。

38. 根据权利要求37所述的强介电体制法, 前述第1强介电体膜由LSMCD法或CVD法形成。

39. 根据权利要求1, 2, 11, 15, 23, 25之一所述的强介电体制法, 前述强介电体膜或第2强介电体膜在比600℃低的温度下形成。

40. 一种强介电体制造装置，包含形成强介电体的基体的配置部、加热部、供给至少作为强介电体原料一部分的物质的氧活性粒子的活性粒子供给部，和供给电磁波的电磁波发生部，能在强介电体的形成区域上供给活性粒子及电磁波中的至少一种。

41. 根据权利要求 40 所述的强介电体制造装置，在同一燃烧室内，还有成为强介电体原材料一部分的物质形成的膜或强介电体膜成膜的成膜装置。

42. 一种强介电体的制造装置，包括：包含形成强介电体基体的配置部、供给至少作为强介电体原材料一部分的物质的氧活性粒子的活性粒子供给部、供给电磁波的电磁波发生器，可以在强介电体的形成区域供给活性粒子及电磁波中至少一种的结晶化装置和与前述结晶化装置另外的燃烧室构成的成膜装置。

43. 根据权利要求 42 所述的强介电体制造装置，在所述结晶化装置和所述成膜装置之间具有真空锁装置。

44. 根据前述权利要求 40，42 之一所述的强介电体制造装置，前述基体的配置部构成前述加热部。

45. 根据前述权利要求 40，42 之一所述的强介电体制造装置，前述活性粒子供给部及前述电磁波发生器中至少一方可以对前述基体部分地供给活性粒子及电磁波中的至少一种。

46. 根据权利要求 45 所述的强介电体制造装置，前述活性粒子及前述电磁波中至少一种可在相对移动状态下对前述基体供给。

47. 根据权利要求 42 所述的强介电体制造装置，前述成膜装置是用涂布法，SMCD 法，CVD 法或溅射法实施成膜。

48. 根据权利要求 47 所述的强介电体制造装置，前述成膜装置用 LSMCD 法或 CVD 法实施成膜。

49. 一种强介电体的制法，包含以下工序，即：在基体的表面形成对成膜的强介电体具有亲和力的膜形成部和对成膜的强介电体没有亲和力的非膜形成部的工序、

通过 LSMCD 法对具有前述亲和力的膜形成部和没有亲和力的非膜形成部供给至少作为强介电体膜原材料一部分的物质的微粒子，自整合地在前述膜形成部上形成强介电体膜的工序和

在前述强介电体膜上供给成为前述强介电体膜原材料一部分的物

质的氧活性粒子，同时使该强介电体膜结晶化的工序。

50. 根据权利要求 49 所述的强介电体制法，在形成前述强介电体膜的工序及使前述强介电体膜结晶化工序中的任何一个之中，包含把作为前述强介电体膜原材料一部分的物质的氧活性粒子在前述强介电体膜上供给的工序。

51. 根据权利要求 49 所述的强介电体制法，在形成前述强介电体膜的工序以及使前述强介电体膜结晶化的工序之中的任何一个工序中，包含在前述强介电体膜上边供给电磁波边使该强介电体膜结晶化的工序。

强介电体的制法及其制造装置

技术领域

本发明涉及氧化膜、氮化膜及强介电体膜等强介电体的制法及其制造装置，以及用强介电体膜的半导体器件及压电元件。

背景技术

在形成作为强介电体材料的 PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$) 或 SBT ($\text{Sr Bi}_2 \text{Ta}_2 \text{O}_9$) 等时必须高的处理温度。例如，通常在 PZT 成膜时必须 600-700℃，在 SBT 成膜时必须 650-800℃ 的温度。这些强介电体的特性与其结晶性有关，结晶性越高，则通常越具有卓越特性。

在包含强介电膜的电容器（强介电体电容器）的半导体器件，例如在强介电体存储器内，强介电体的结晶性显著影响其各种特性，例如剩余极化特性，抗电场特性，疲劳特性以及印刷特性等。而且为了获得结晶性好的强介电体，原子必须有高的迁移能。其结果是为了强介电体的结晶化，必须高的处理温度。

然而，如果强介电膜的处理温度越高，越容易损害强介电体存储器。即：为了强介电体的结晶化必须在氧环境下高温处理。如果在该高温处理期间，多晶硅或电极材料由于氧化形成绝缘层，则该绝缘层会使强介电体电容器特性变坏，而且，因热会使半导体侧的晶体管特性变坏。另外作为 PZT 或 SBT 构成元素的 Pb, Bi 容易扩散，由于这些元素向半导体器件侧扩散，引起其性能变坏，强介电体膜的处理温度越高，这些性能变坏越显著，而且越是高集成度的半导体器件（例如，1 兆比特以上集成度的半导体器）越显著。

因此，现状是，即使强介电体膜的处理温度高，强介电体电容也可适用于影响比较小的集成度（例如 1-256 千比特）的半导体器件。可是现在在 DRAM，速闪存储器等已经要求从 16M 比特到 G 比特的集成度，因此，限定了强介电体存储器的适用领域。另一方面，如果降低强介电体的处理温度，虽然防止了如上所述的高温的氧环境产生的器

件变坏,但会使强介电体膜的结晶性降低。其结果,强介电体电容器的剩余极化特性降低,疲劳特性,印刷特性以及保持特性等也降低。

发明内容

本发明的目的是提供既可以降低处理温度、又可以提高结晶性等的强介电体制法以及强介电体的制造装置。

本发明的其它目的是提供用本发明方法得到的强介电体的半导体器件及压电元件。

(A) 第1制造方法

本发明的第1制法是包含在基体上的区域供给至少成为强介电体原材料一部分的氧活性粒子和电磁波,同时形成强介电体膜的工序。

根据这种制法,通过前述的活性粒子和前述的电磁波照射膜,可以成倍地提高膜的迁移能量,可以形成优良膜质的强介电体。此外,通过在规定区域供给电磁波,不仅增加活性粒子的迁移能量,还提高活性粒子的密度。其结果与未提供活性粒子及电磁波的情况相比,可以用较低温的处理温度形成强介电体。例如,在形成强介电体时最好可以应用比600℃低的温度,最好用450℃以下的处理温度。

以上的作用效果,即使对如下所述的本发明,也是同样的。

在第1制法中,还可以有如下的形态。

(1) 在规定区域至少提供了作为强介电体原材料一部分物质的活性粒子和电磁波,甚至还有强介电体原材料的其它反应粒子,采用本制法可以在强介电体成膜的同时进行强介电体的结晶化。

采用本制法,为了如图1所示在基体10上形成强介电体膜20,在膜的形成区域供给活性粒子100A,其它反应粒子300A和电磁波200A。而且,通过反应粒子300A和活性粒子100A的反应,形成强介电体膜20。在此期间,电磁波200A和活性粒子100A使反应粒子300A和活性粒子100A的反应活性化,更具有提高膜中原子的迁移能量的效果。而且,活性粒子100A,电磁波200A以及反应粒子300A根据要获得的强介电体组成,结晶构造,强介电体材料的使用目的等选择。

活性粒子100A,通过活性粒子供给部100生成,反应粒子300A经反应粒子供给部300供给,而电磁波200A通过电磁波发生部供给。

(2) 可以在前述基体上的区域上利用强介电体原材料一部分

的物质构成膜。在该制法，与上述（1）的制法同样，可以在强介电体成膜的同时进行强介电体的结晶化。而且，本制法，只在强介电体原材料一部分的物质成膜这一点上与上述（1）的制法不同。

本制法，如图 2 所示，在基体 10 上形成由强介电体原材料一部分的物质构成的膜 20a。而且，在规定区域通过由活性粒子供给部 100 供给活性粒子 100A，通过由电磁波发生器 200 供给电磁波 200A，使膜 20a 和活性粒子 100A 反应形成强介电体膜。在此期间，电磁波 200A 和活性粒子 100A 使膜 20a 和活性粒子 100A 的反应活性化，还有提高膜中原子迁移能量的效果。

（3）在第 1 强介电体膜上供给氧活性粒子和电磁波，形成与前述第 1 强介电体膜的结晶构造不同的第 2 强介电体膜的工序。根据本制法能预先进行形成的强介电体膜的结晶化。

在本法中，如图 2 所示，通过向基体 10 上的第 1 强介电体膜 20C 供给由活性粒子供给部 100 供给的活性粒子 100A 和由电磁波发生部 200 供给的电磁波 200A，可以提高在第 1 强介电体膜 20C 上的原子迁移能量，形成结晶性高的第 2 强介电体膜。

前述的第 1 强介电体是理想的无晶形态或结晶性低的强介电体。这样的第 1 强介电体膜通过活性粒子 100A 以及电磁波 200A 的照射，在膜上原子的迁移能量变大，形成具有高度结晶性的第 2 强介电体。

用如上所述的第 1 制法的作用效果，即使在本发明的其它制法中，也是同样的。

在本发明，希望前述强介电体膜或第 2 强介电体膜的厚度为 5-30nm。由于膜的厚度处于这个范围之内，可以在全部膜上获得由前述电磁波及前述活性粒子产生的原子迁移能量增大的效果。如果膜厚比 5nm 小，则容易产生膜的组成波动。此外，如果膜厚比 30nm 大，则难以在全部膜上获得原子迁移能量的增大效果。

（B）第 2 制造方法

本发明的第 2 制法是包括在基体上的区域上供给至少成为强介电体原材料一部分的氧活性粒子及电磁波中的至少一种，同时重复进行形成规定厚度强介电体膜的工序，形成具有规定厚度的膜。作为如此的制法，也可以采用如下所示的形态。

(1) 与上述(A)(1)同样, 在规定区域供给作为强介电体原材料一部分的物质的活性粒子以及电磁波中的至少一种的同时, 重复进行形成预定厚度的强介电体膜的工序, 可以获得形成具有预定厚度的膜。

(2) 与上述(A)(2)同样, 在前述规定区域可以形成由成为强介电体原材料的一部分的物质构成的膜。

(3) 形成第1强介电体膜的第1工序与上述(A)(3)同样, 在前述第1强介电体膜上供给活性粒子及电磁波中至少一种, 形成与前述第1强介电体膜和结晶构造不同的第2强介电体膜的第2工序, 前述第1及第2工序交替地进行, 可以形成具有预定厚度的膜。

在本制法, 如图3所示, 在成膜装置2000中, 在基体10上形成第1强介电体膜20a。接着, 把形成第1强介电体膜20a的成膜基体10移至结晶化装置1000。在结晶化装置1000中, 向第1强介电体膜20a供给由活性粒子供给部100供给的活性粒子100A, 和由电磁波发生部200供给的电磁波200A, 使第1强介电体膜20a结晶化, 成为第2强介电体膜20。重复以上的成膜工序及结晶化工序。

即使在本第2制法中, 也与第1制法同样, 希望前述强介电体膜或第2强介电体膜的厚度为5-30nm。

(C) 第3制造方法

在本制法, 强介电体膜的形成区域对基体并非是完全的, 只在部分地即微小区域进行。在本制法可以采用以下的形态。

(1) 强介电体膜的形成区域对基体只是部分的,

可以在规定区域供给至少成为强介电体原料一部分的活性粒子以及电磁波中至少一种, 同时形成强介电体膜的工序。

(2) 与前述的(A)(2)同样, 在前述规定区域可以形成由成为强介电体原材料一部分的物质构成的膜。

(3) 强介电体膜的形成区域对基体是部分的,

可以在第1强介电体膜上供给活性粒子及电磁波中至少一种, 同时形成与前述第1强介电体在结晶构造上不同的第2强介电体膜的工序。

(4) 作为对基体部分地形成强介电体膜的方法, 以下的方法最好。即: 包含有在前述基体的表面形成对成膜的强介电体具有亲和力

的膜形成部和形成对成膜的强介电体没有亲和力的非膜形成部，以及自行整合（自调整）地在前述膜形成部上形成强介电体膜的工序。

（D）本发明制法的其它形态

本发明的制法可以采取以下的形态。

（1）成为前述强介电体原材料一部分的活性粒子是能使包含氧或氮的物质活性化的原子团或离子。即：作为活性粒子在氧化物的场合可以用氧的原子团，离子或臭氧，在氮化物的场合可以用氮的原子团或离子。作为原子团或离子的发生方法，可以例示很多已知的方法，例如用 RF（射频），微波，ECR（电子回旋共振），臭氧发生器等活性粒子生成方法。

前述电磁波是根据强介电体的组成、反应粒子、活性粒子等来选择。电磁波可以用准分子激光器，卤素灯，扬格激光器（高次谐波）等发生器得到。此外，如果选择可以离解氧或氮的电磁波，则可以提高活性粒子的浓度。

（2）在前述活性粒子之外也可以在预定区域上供给使惰性气体（氙、氪）活性化得到的原子团或离子。例如，如果用氙和在用微波生成氧的活性粒子（氧原子团）过程中，增加其浓度。

（E）本发明的制造装置

作为本发明的制造装置，可以采用以下的形态。

（1）包含形成强介电体的基体的配置部、加热部、供给至少作为强介电体原料一部分的物质的氧活性粒子的活性粒子供给部，和供给电磁波的电磁波发生部，能在强介电体的形成区域上供给活性粒子及电磁波中的至少一种。

（2）在上述（1）的制造装置中，在同一燃烧室内可以包含由成为强介电体原材料一部分的物质构成的膜或用于使强介电体膜成膜的成膜装置。

（3）包含形成强介电体基体的配置部和加热部、用于供给至少成为强介电体原材料一部分的物质的活性粒子的活性粒子供给部和用于供给电磁波的电磁波发生部，包含可以在强介电体的形成区域上供给活性粒子及电磁波中至少一种的结晶化装置和由与前述结晶化装置不同的燃烧室构成的成膜装置。

（4）在上述（3）的制造装置中，可以在前述结晶化装置和前述

成膜装置之间具有路锁装置。

(5) 在上述(1)-(4)的制造装置中, 前述基体的配置部可以构成前述加热部。

(6) 在上述(1)-(5)的制造装置中, 前述活性粒子供给部及前述电磁波发生部中的至少一个, 可以对前述基体部分地供给活性粒子及电磁波中的至少一种。

(7) 在上述(1)-(6)的制造装置中, 可以在对前述基体相对移动状态下供给前述活性粒子及前述电磁波中的至少一种。

(8) 在上述(3)的制造装置, 前述成膜装置可以通过涂布法, LSMCD法, CVD法或溅射法实施成膜。

(9) 在上述(2)的制造装置中, 前述成膜装置可以通过 LSMCD法或 CVD法实施成膜。

(F) 通过本发明的制法得到的强介电体可以在各种用途中利用。以下列举典型用途的装置。

(1) 具有包含由本发明制法形成的介电体膜的电容器的半导体器件。这种半导体器件, 有作为介电体膜, 利用由本发明制法得到的标准介电体的 DRAM, 和强介电体存储器 (Fe RAM)。

(2) 包含由本发明制法形成的介电体膜的压电元件。

附图说明

图 1 是概略地示出本发明制法的一例的图。

图 2 是概略地示出本发明制法的一例的图。

图 3 是概略地示出本发明制法的一例的图。

图 4 是概略地示出本发明的制法及制造装置的第 1 实施形态的图。

图 5 是概略地示出本发明的制法及制造装置的第 2 实施形态的图。

图 6 是概略地示出本发明的制法及制造装置的第 3 实施形态的图。

图 7 是概略地示出本发明的制法及制造装置的第 4 实施形态的图。

图 8 是概略地示出本发明的第 5 实施形态的半导体器件的图。

具体实施方式

[第1实施形态]

图4是概略地示出本实施形态的强介电体的制法及其制造装置的图。

图4所示的制造装置具有成膜装置2000，结晶化装置1000和路锁装置3000。而且被处理体30经路锁装置3000配置成可以在成膜装置2000和结晶化装置1000之间往复移动。

成膜装置2000，如果是在基体10上形成第1强介电体膜20a的装置，则没有特别的限制。本实施形态用可以进行LSMCD（液态源喷雾沉积法）的LSMCD装置。成膜装置2000包括有容纳有机金属等的强介电体材料的原料槽410，使原料喷雾化的喷雾化部420，供给载体气体的气体供给部430，和用于把喷雾化的原材料及气体供给到在载置部（配置部）40上载置的基体10预定区域的原料供给部450。在原料供给部450的前端上设置网460。此外，在基体10和原料供给部450之间根据需要配置用于使形成的第1强介电体膜20a作成预定图形的模板470。载置部40具有用于把基体10加热到预定温度的加热部。

利用该成膜装置2000，按照以下顺序，能形成第1强介电体膜20a。

首先，从原料槽410供给雾化部420的原料，例如通过超声波能成为具有 $0.1\text{--}0.2\mu\text{m}$ 直径的雾粒。把由雾化部420形成的雾粒和由气体供给部430供给的气体送到原料供给部450。然后，从原料供给部450向基体10供给原料粒子300A，在基体10上形成无晶形（非晶态）的第1强介电体膜20a。

在原料内用有机金属时，无晶型状态的第1强介电体膜20a可以通过加热基体10使有机金属络合物分解（所谓脱脂）得到。该脱脂也可以在别处用RTA或炉实现。

用LSMCD法形成的第1强介电体膜20a由于在膜内具有微细而适度分布的耗尽，因此从原子具有易迁移的状态这点而言对结晶化是有利的。此外，由于第1强介电体膜20a可以在以下的结晶化工序有效地进行结晶化，所以最好例如以 $5\text{--}30\text{nm}$ 的厚度形成。由于第1强介

电体膜 20a 的厚度处于该范围内, 如前所示, 通过结晶化处理, 没有组成的波动, 可以减小结晶的晶粒尺寸, 可以得到具有高结晶性的强介电体。

结晶化装置 1000 具有活性粒子供给部 100 和电磁波发生部 200。在活性粒子供给部 100 形成的活性粒子 100A, 经供给路径 110 供给到基体 10 的预定区域。此外, 由电磁波发生部 200 发生的电磁波 200A, 也照射到供给活性粒子 100A 的区域。适宜地设定活性粒子供给部 100 及电磁波发生部 200 的配置, 以便不妨碍活性粒子 100A 及电磁波 200A 的供给。

结晶化装置 1000, 通过在由成膜装置 2000 形成的无晶型状态的第 1 强介电体膜 20a 上照射活性粒子 100A 和电磁波 200A, 增大了在第 1 强介电体膜 20a 上原子的迁移能量。其结果, 在较低温度, 具体讲在比 600℃ 低的温度, 更好在 450℃ 以下的温度, 进行结晶, 形成具有高结晶性的第 2 强介电体膜 20b。

在成膜装置 2000 上的第 1 强介电体膜 20a 的形成以及在结晶化装置 1000 上的结晶强介电体膜 20c 的形成, 为了获得预定厚度的强介电体膜可以多次重复进行。

尤其是在对 SBT 成膜期间, 由于 SBT 的层状钙钛, 成长速度依结晶方位而异, 其结果, 在多结晶上容易产生不良的沟和孔。但是, 正如本实施形态所示, 通过重复使薄膜叠层, 使前述的沟或孔处于埋没的状态, 可以获得均质的膜。

根据本实施的形态, 在成膜装置 2000 中, 通过用 LSMCD 法, 因具有微细而适度的耗尽, 可以获得原子处于易迁移状态的第 1 强介电体膜 20a。而且, 在结晶化装置 1000 中, 通过在第 1 强介电体膜 20a 上照射活性粒子 100A 和电磁波 200A, 可以给予原子大的迁移能量, 其结果, 可以在比传统的装置更低温度下进行良好的结晶化。

[第 2 实施形态]

图 5 是概略地示出本实施形态的成膜装置 4000。成膜装置是 4000 是可以同时进行成膜和膜结晶化的装置的例子。在本实施形态中, 成膜通过 MOCVD 法进行。对此对其组合了本发明的结晶化方法。

成膜装置 4000 作为具有供给原料的系统, 有原料槽 510, 雾化部 520, 加热器 540 以及原料供给部 550。由于原料槽 510 以及雾化部 520

与用第1实施形态说明的原料槽510及雾化部420是同样的，所以省略其说明。加热器540是加热雾化了的原材料使其气化的。而且，从原料供给部550把反应粒子300A供给到基体10的规定区域。

在载置台40的上方，在不妨碍反应粒子300A供给的位置上配置活性粒子供给部100和电磁波发生部200。而且从活性粒子供给部100在基体10的规定区域照射活性粒子100A，而另一方面，从电磁波发生部200照射电磁波200A。

在形成PZT，SBT等氧化物时，电磁波的波长最好为193-300nm。如果用该波长，则氧化物的原子迁移率高。此外，如果用193nm的ArF作为电磁波，则使氧电离，可以提高活性粒子的浓度。

如果利用本实施形态的成膜装置4000，在由MOCVD法对强介电体膜成膜的同时，通过活性粒子100A及电磁波200进行膜的结晶化，形成强介电体膜20。而且，在成膜装置4000中，在成膜的同时，通过用活性粒子100A和电磁波200A照射强介电体膜，可以给予原子大的迁移能量，其结果，与传统的装置比较，可在低温下进行良好的结晶化。

[第3实施形态]

图6是示出活性粒子100A及电磁波200A的供给方法例子的图。在本实施形态中，在被处理体30的强介电体形成区域上，部分地供给了活性粒子100A及电磁波200A中的至少一种，最好是两种或至少电磁波200A一种。

具体讲，如图6所示在直线状的区域30a或点状区域30b上供给活性粒子100A及电磁波200A。而且，设定供给活性粒子100A及电磁波200A的区域30a，30b，使其对被处理体30可以相对移动。为了使区域30a，30b对被处理体30能相对移动，可以采用使被处理体30移动的方法，或使区域30a，30b移动的方法的两者之一。此外，为了使区域30a，30b对被处理体30相对移动，在活性粒子100A及电磁波200A直线状供给时，两者中至少一种沿着与直线状的区域正交方向（例如图6的X方向）上移动，在活性粒子100A及电磁波200A点状供给时，两者中至少一种向一方向（例如图6的X方向或Y方向）移动。

由于活性粒子100A及电磁波200A中至少一种的供给区域30a，30b

是部分的，与全面供给的情况相比可以一边抑制被处理体 30 的温度上升，一边增大活性粒子 100A 的能量和电磁波 200A 的强度。

如果增大电磁波 200A 的强度，则因为被处理体 30 的温度变高，所以因被处理体 30 的种类不同常常会因热引起损伤。例如在被处理体 30 的基体上形成半导体器件时，要考虑到又形成氧化膜，又因杂质的扩散，会使 MOS 元件受损，引起半导体器件变坏。

而且，根据本实施形态，可以把区域 30a, 30b, 分成各部分利用电磁波的照射抑制被处理体的温度上升。

考虑如上所述的被处理体的温度上升，强介电体组成等，设定电磁波 200A 的强度及活性粒子 100A 的能量。

[第 4 实施形态]

图 7A 及图 7B 示出本发明成膜方法的变形例。图 7A 示出基体 10 的平面，图 7B 示出沿图 7A 的 A-A 线的剖面。

本实施例的形态，示出使强介电体在基体 10 上部分地成膜的例子。这样强介电体成膜的区域分成各部分，与全面形成强介电体的情况相比，必须加热部分的容量相对减小，所以可以降低加热处理需要的能量。其结果可以相对地使加热过程温度下降。从而，如果利用本实施状态，因活性粒子及电磁波的供给产生的处理温度降低，从而使处理温度下降。

在本实施形态中，基体 10 具有第 1 基体 12 和在第 1 基体 12 上形成的膜形成部 14 以及非膜形成部 16。

膜形成部 14 是用对基体 10 上形成的强介电体在化学上和物理上亲和力高的材料，例如对强介电体原料或对反应粒子浸润性好的材料构成。与此相反，非膜形成部 16 用对成膜的强介电体在化学上或在物理上亲合力差的材料，例如对强介电体原料或反应粒子浸润性差的材料形成。利用这样构成的基体 10 表面，通过在希望形成强介电体膜的区域上配置膜形成部 14，形成预定图形的强介电体膜 20。

例如在以形成的强介电体膜作为强介电体膜时，作为膜形成部 14 的材料可以用氧化铌，作为非膜形成部 16 的材料可以用氟化合物。

本实施形态的强介电体制法可以适用以强介电体为首的各种强介电体，尤其是可以适用层状钙铁。由于层状钙铁在对 C 轴呈直角方向，氧尤其是原子团（原子状氧）容易扩散，所以在为了结晶化的加热处

理，从强介电体膜 20 的侧面的原子团的迁移容易进行。其结果，钙铁的氧缺损变少，极化特性变好，抑制了疲劳特性，印刷特性等的变坏。

[第 5 实施形态]

图 8 示出用本发明制法得到的强介电体的半导体器件（强介电体存储器 5000）的例子。

强介电体存储器 5000 具有 CMOS 区 R1 和在该 CMOS 区 R1 上形成的电容区 R2。CMOS 区 R1 有已知的构成。即 CMOS 区 R1 具有半导体基板 1，在该半导体基板上形成的元件分离区 2、MOS 晶体管 3，以及层间绝缘层 4。电容区 R2 具有由下部电极 5，强介电体膜 6 和上部电极 7 构成的电容器 C100、与下部电极 5 连接的配线层 8a、与上部电极 7 连接的配线层 8b、及绝缘层 9。而且，MOS 晶体管 3 的杂质扩散层 3a 和构成电容器 C100 的下部电极 5 是通过由多晶硅或钨衬套构成的接触层 11 连接。

在本实施形态中的强介电体存储器 5000，构成电容器 C100 的强介电体（PZT，SBT）膜 6 可以在比通常的强介电体低的温度下形成，例如在 PZT 的情形下，可在 500℃以下，在 SBT 的情形下，可在比 600℃低的温度下形成。从而，因为可以抑制因热引起对 CMOS 区 R1 热损伤的发生，所以电容器 C100 可以适用于高集成度的强介电体存储器。此外，因为强介电体（PZT，SBT）膜 6 可以在比通常的强介电体低的温度下形成，所以作为 CMOS 区 R1 的配线层（未图示）以及构成电容器 C100 的电极部 5，7 材料，不用铱或铂等高价材料，配线或电极部也不变坏，因此，作为这些配线层及电极部的材料可以用便宜的铝合金，可谋求成本的降低。

在 CMOS 等的半导体器件，为了防止强介电体（PZT，SBT）产生的污染，通常对半导体处理工艺和电容器处理工艺进行隔离。而且，根据本发明的制法，因为可以降低强介电体的处理温度，在作为通常的半导体处理的最终工序的多层配线工序后，可以连续形成电容器。因此，可以减少隔离处理，可以谋求处理的简易化。因为本发明的制法不必要隔离半导体处理和电容器处理，所以对混载逻辑和模拟等的半导体器件的制造是有利的。

由本发明制法形成的介电体不限于上述强介电体存储器，通过在

各种半导体器件，例如在 DRAM 上应用 BST 一类的高介电率的标准介电体，可以谋求电容器的大容量化。

此外，通过本发明的制法形成的介电体可以适合于其它用途，例如在激励器内用的压电元件的压电体等。

通过本发明的制法形成的氮化物（氮化硅，氮化钛）可以适用于例如半导体器件的钝化膜，局部互连膜等。

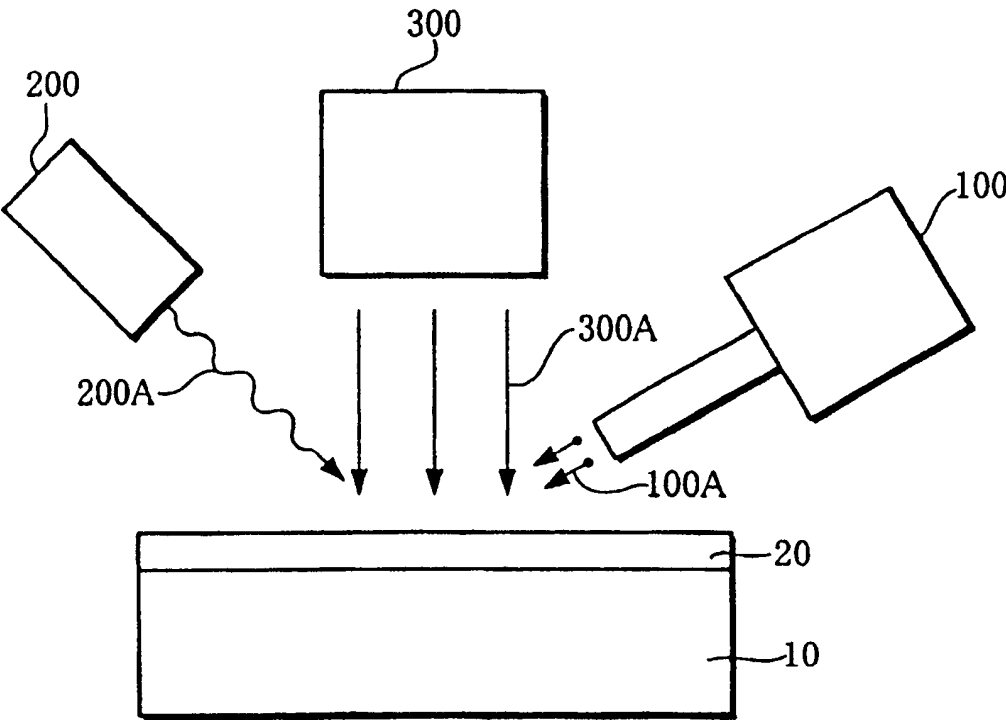


图 1

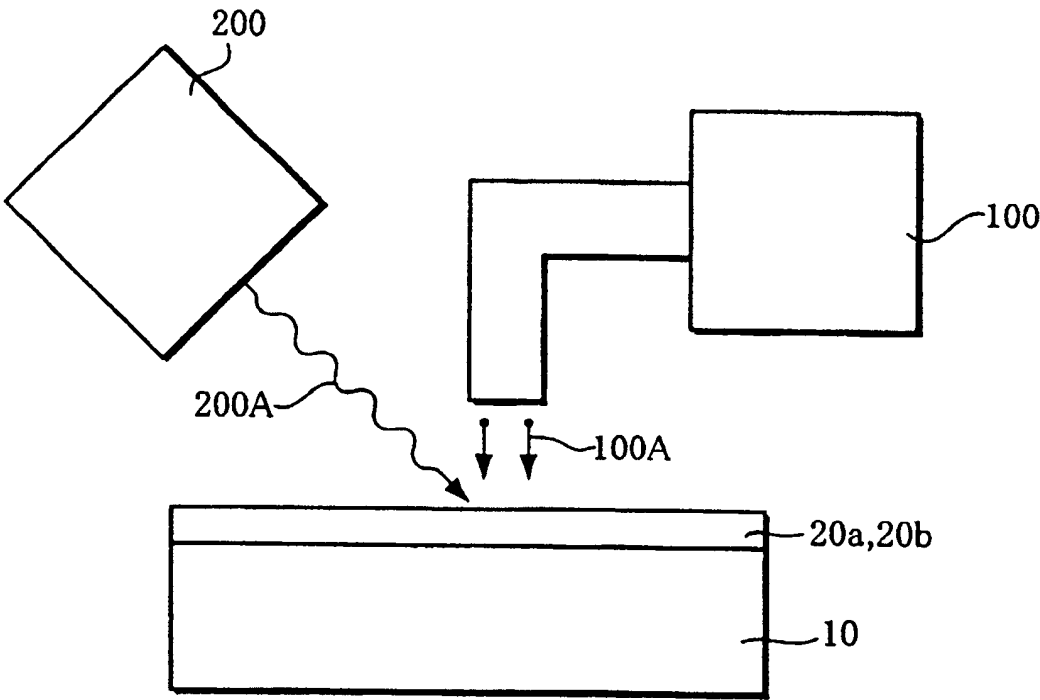


图 2

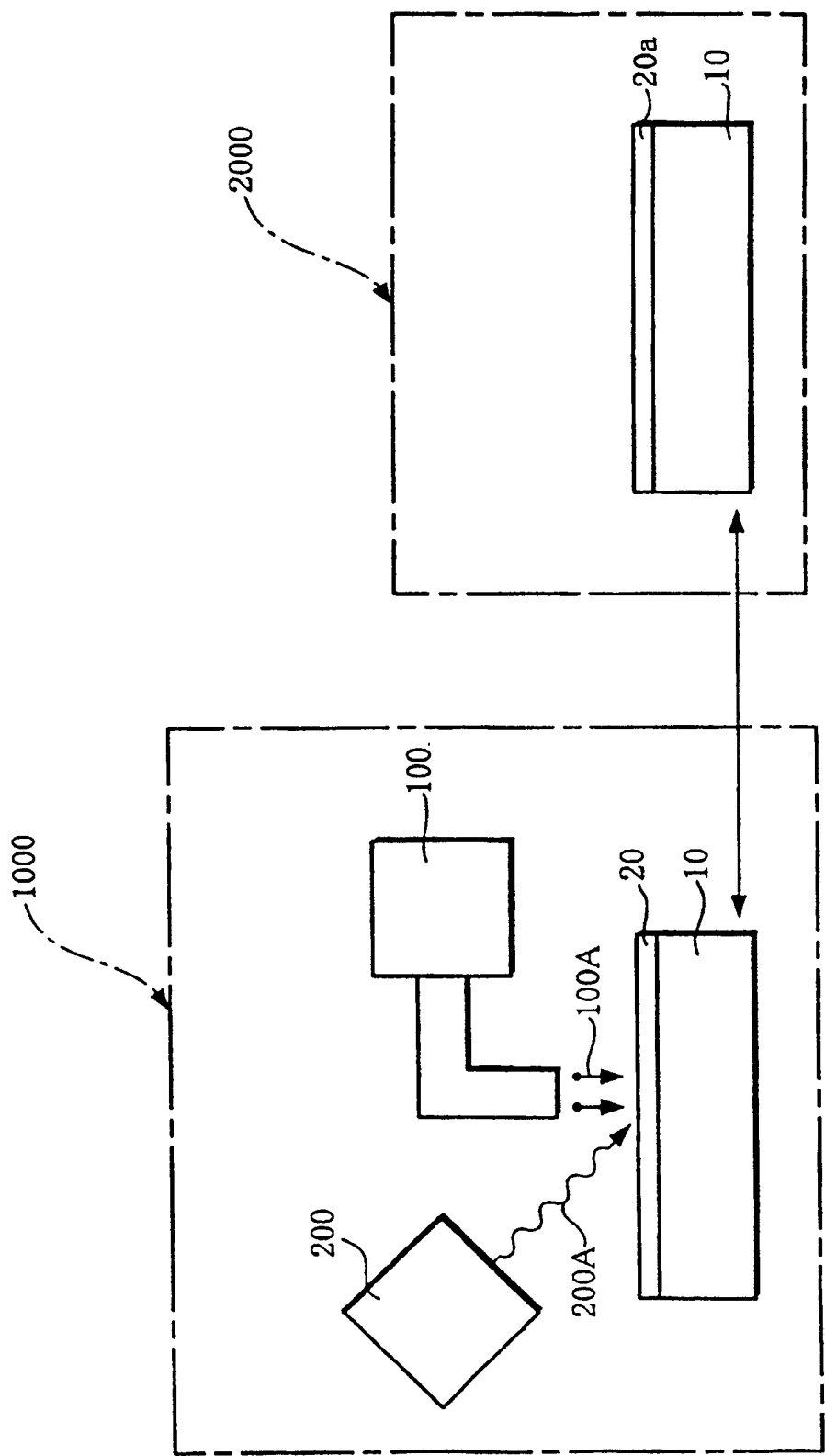


图 3

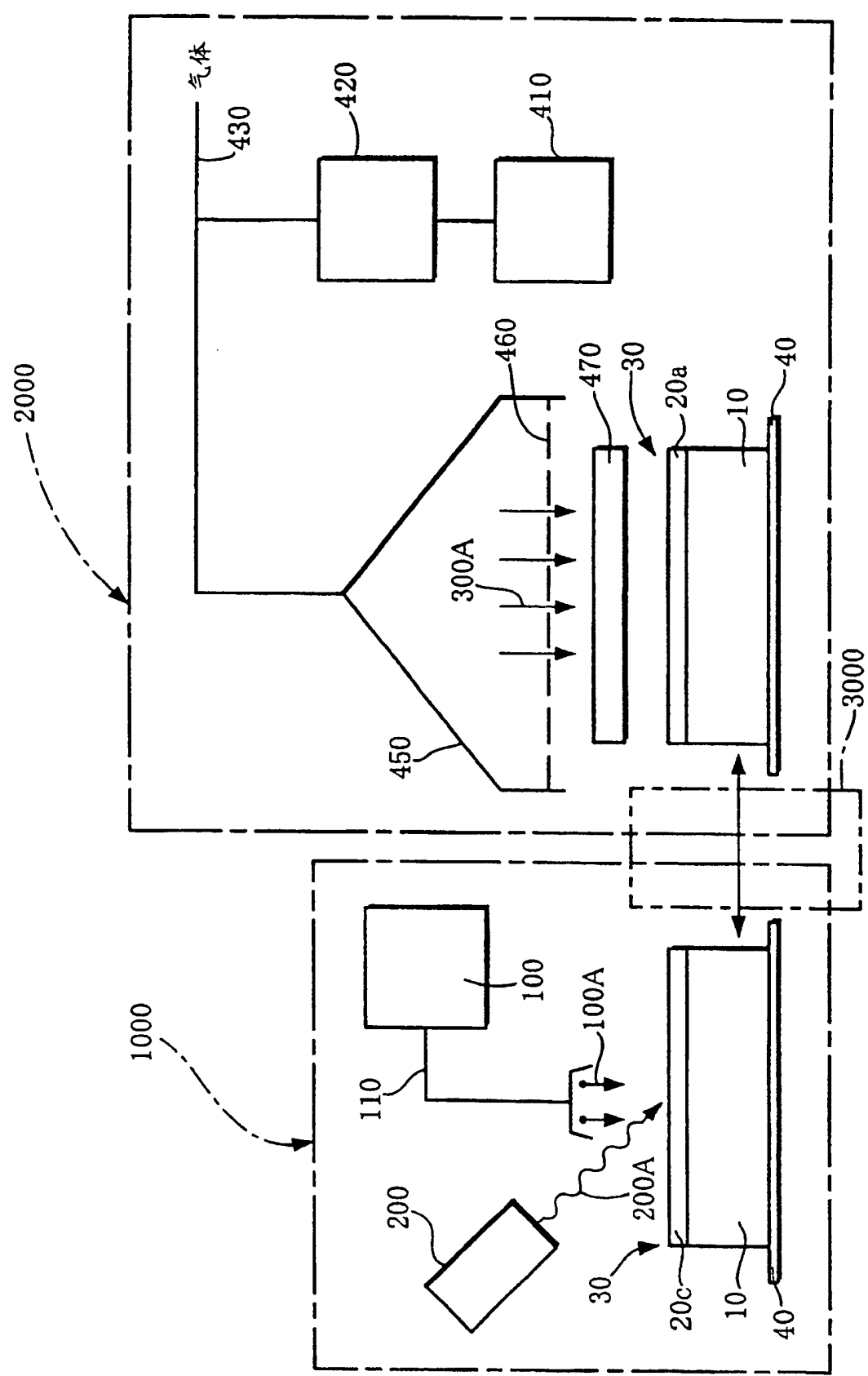


图 4

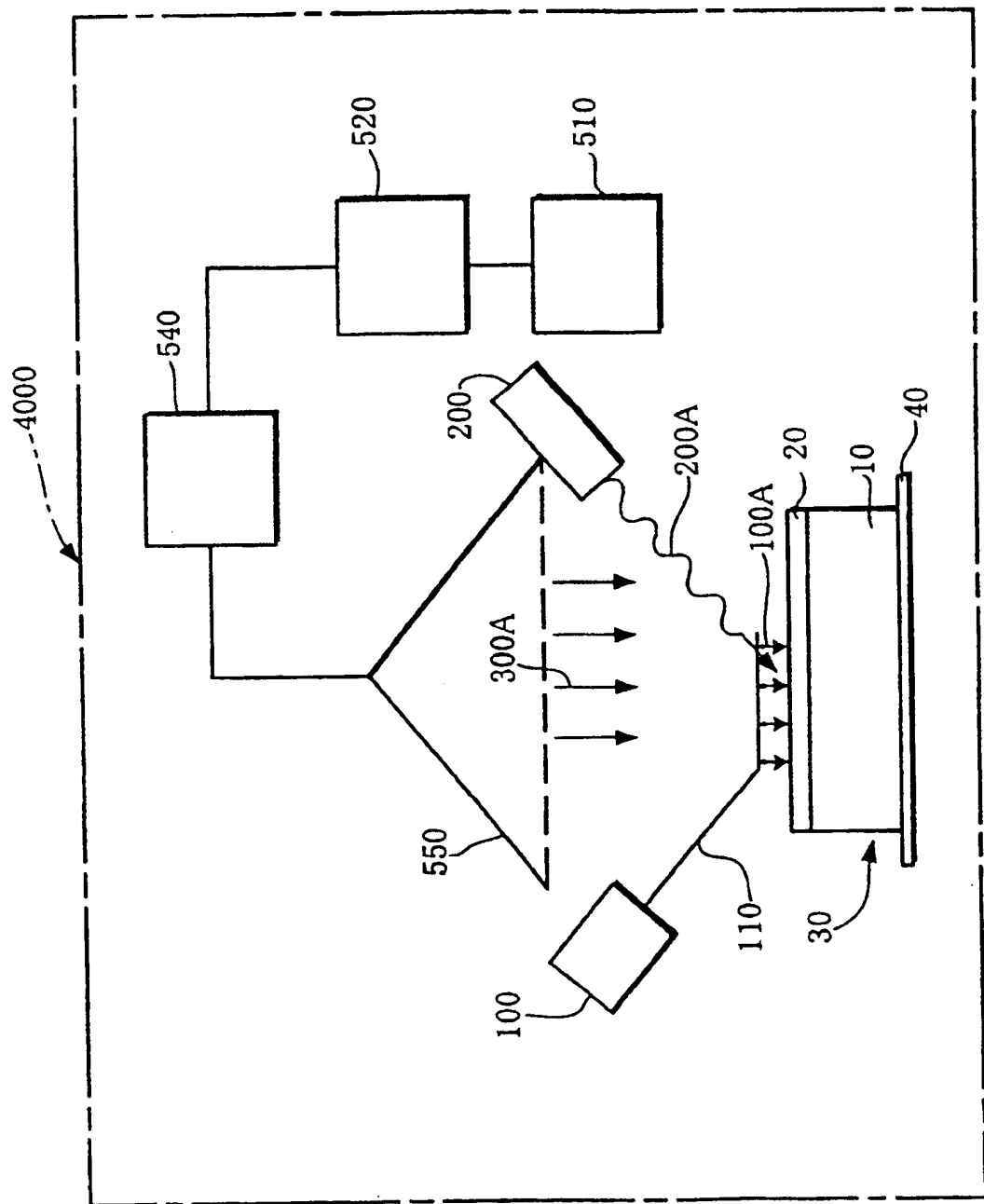


图 5

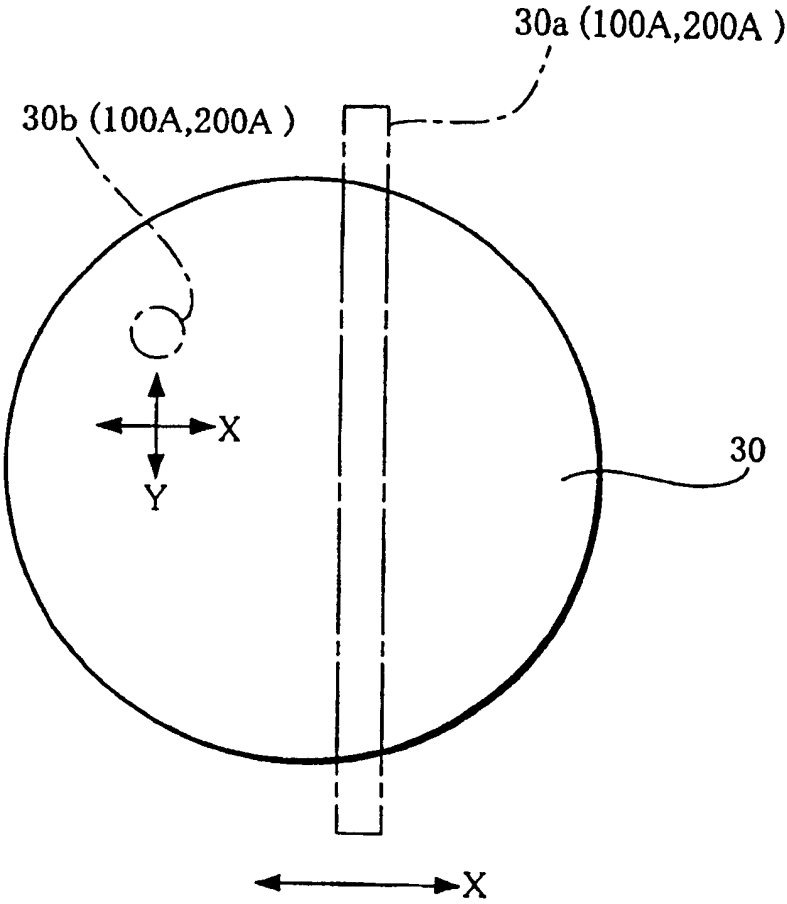


图 6

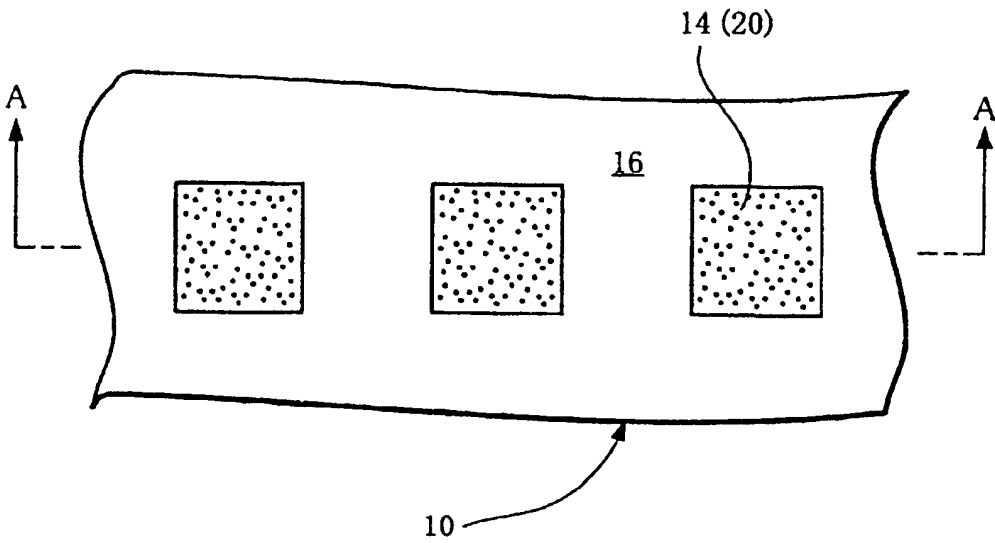


图 7A

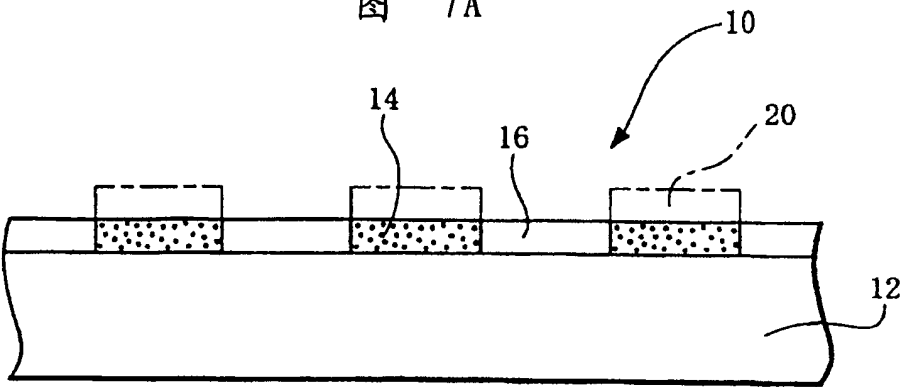


图 7B

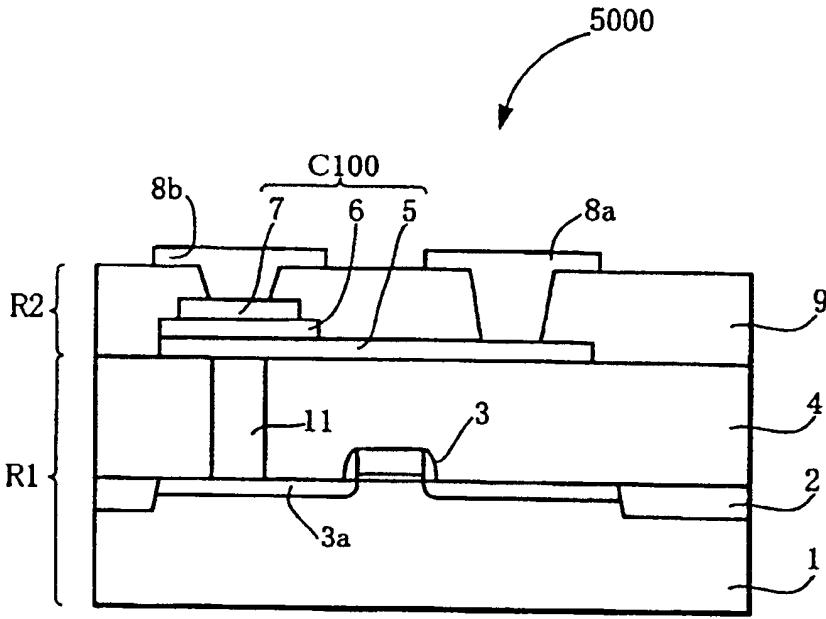


图 8