

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C23C 16/40

H01L 21/31 H01L 21/316

H01L 27/10 H01L 41/22



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01800693.0

[45] 授权公告日 2005 年 1 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1185365C

[22] 申请日 2001.3.29 [21] 申请号 01800693.0

[30] 优先权

[32] 2000. 3. 29 [33] JP [31] 91604/2000

[86] 国际申请 PCT/JP2001/002632 2001.3.29

[87] 国际公布 WO2001/083846 日 2001.11.8

[85] 进入国家阶段日期 2001.11.28

[71] 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

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

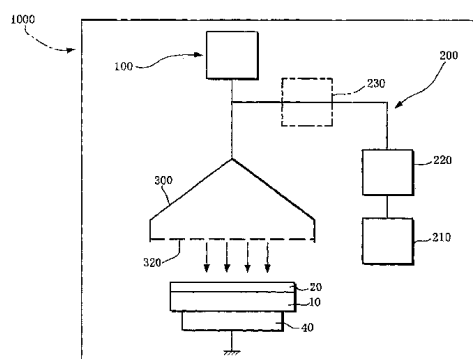
代理人 王 岳 叶恺东

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称 陶瓷的制造方法及其制造设备以及
半导体器件和压电元件

[57] 摘要

本发明的陶瓷的制造方法包括：将至少形成陶瓷原材料一部分的原料材料微粒子和活性材料进行混合以后供给基体(10)，并在基体(10)上面形成陶瓷膜(20)的工序。制造设备具有：兼任基体(10)的加热部分的配置部分(40)、用于在微粒子的状态供给原料材料的原料材料供给部分(200)、用于供给活性材料的活性材料供给部分(100)、以及用于混合原料材料和活性材料的混合部分(300)。



ISSN 1008-4274

- 1.一种陶瓷的制造方法,包括:在混合至少形成陶瓷的原材料一部分的原料材料的微粒子和活性材料以后供给基体,并在该基体上面形成陶瓷膜的工序。
- 5 2.根据权利要求 1 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述微粒子直径是 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下。
- 3.根据权利要求 1 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述微粒子直径是 $0.01\ \mu\text{m}$ 以下。
- 4.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述微粒子带有
- 10 电荷。
- 5.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述原料材料的微粒子,在与活性材料混合以前被汽化。
- 6.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述活性材料是原子团或离子。
- 15 7.根据权利要求 6 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述活性材料是形成上述陶瓷的原材料一部分的原料材料原子团和离子。
- 8.根据权利要求 6 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述活性材料是氧或氮的原子团或离子。
- 9.根据权利要求 6 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述活性材料是激活惰性气
- 20 体得到的离子。
- 10.根据权利要求 9 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述惰性气体是氩或氙的离子。
- 11.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述活性材料至少在加速的状态下供给上述基体。
- 25 12.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述陶瓷膜是对上述基体部分地形成的。
- 13.根据权利要求 12 所述陶瓷的制造方法,其特征是包括在上述基体的表面上,形成对成膜的陶瓷具有亲和性的膜形成部和对成膜的陶瓷不具有亲和性的非膜形成部,自对准地在上述膜形成部形成陶瓷膜的工序。
- 30 14.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述陶瓷膜用

LSMCD 法或喷雾 CVD 法形成。

15.根据权利要求 1~3 任一项所述陶瓷的制造方法,其特征是上述陶瓷膜由电介质构成。

16.根据权利要求 15 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述电介质是在 600℃ 以
5 下的温度形成。

17.根据权利要求 15 所述陶瓷的制造方法,其特征是上述电介质是在 450℃ 以下的温度形成。

18.一种陶瓷的制造设备,包括:

形成陶瓷的基体的配置部分;

10 用于把上述基体加热到规定温度的加热部分;

用于在微粒子状态下,供给至少形成陶瓷原材料一部分的原料材料的原料材料供给部分;

用于供给活性材料的活性材料供给部分;和

15 用于混合由上述原料材料供给部分供给的原料材料和由上述活性材料供给部分供给的活性材料的混合部分,以及

将上述原料材料和上述活性材料混合以后,供给上述基体进行成膜。

19.根据权利要求 18 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述成膜用 LSMCD 法或喷雾 CVD 法进行。

20.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是通过上述原料材料
20 供给部分,将上述微粒子制成直径 0.1 μm 以下。

21.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是通过上述原料材料供给部分,将上述微粒子制成直径 0.01 μm 以下。

22.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述微粒子带有电荷。

25 23.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述原料材料供给部分包括原料贮藏部和将由原料贮藏部供给的原料制成微粒子的雾化部。

24.根据权利要求 23 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述原料材料供给部分还具有加热部,利用该加热部使上述微粒子汽化。

25.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料供给
30 部分供给包括原子团或离子的活性材料。

26.根据权利要求 25 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料是将形成陶瓷原材料一部分的原料材料原子团或离子。

27.根据权利要求 25 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料是氧或氮的原子团或离子。

5 28.根据权利要求 25 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料是激活惰性气体得到的离子。

29.根据权利要求 28 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料是氩或氙的离子。

30.根据权利要求 18 或 19 所述陶瓷的制造设备,其特征是上述活性材料至少
10 是在加速的状态下供给上述基体的。

陶瓷的制造方法及其制造设备
以及半导体器件和压电元件

5

技术领域

本发明涉及一种氧化膜、氮化膜和强电介质膜等陶瓷的制造方法及其制造设备、以及使用强电介质膜的半导体器件和压电元件。

背景技术

- 10 在强电介质的成膜方法中,有溶液涂布法、溅射法、激光熔蚀法、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:金属有机物化学气相淀积)法、LSMCD(Liquid Source Misted Deposition:液态源喷雾淀积)法等。而且,在需要制作高度集成化的半导体器件领域,令人注目的是MOCVD法和LSMCD法。特别是,构成强电介质存储装置的电容的强电介质膜形成之中,LSMCD法令人注目。这是由于
- 15 LSMCD法跟MOCVD法相比,膜的组分控制容易,圆片间和棒间的偏差小,而且变得稳定。

- 可是,利用LSMCD法,形成具有强电介质电容的半导体器件时,因为原材料雾化(微粒子)的直径一般分布在 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$,所以不适用于半导体器件 $0.5\mu\text{m}$ 以下的设计规则。而且,要是微细化使原材料的雾化直径能够适用于半导体器件
- 20 的设计规则,就会大幅度降低成膜速度,底部或侧面的覆盖不良。

并且,形成作为强电介质材料的PZT($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)或SBT($\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_3$)等时,需要高的处理温度。一般例如,在PZT成膜中需要 $600\sim 700^\circ\text{C}$,SBT成膜中需要 $650\sim 800^\circ\text{C}$ 的温度。这些强电介质特性都与其结晶性有关,一般地说晶体性越高越有优良的特性。

- 25 在具备包含强电介质膜的电容器(强电介质电容器)的半导体器件,例如强电介质存储装置中,强电介质的结晶性对各种特性,例如残余极化特性、抗电场特性、疲劳特性和印码特性有显著影响。而且,强电介质因为是多元系且具有复杂构造的钙钛矿晶体构造,所以为了获得晶体性良好的强电介质,结晶时原子需要有高的迁移能。因此,强电介质结晶过程中,需要高的处理温度。

- 30 但是,强电介质膜的处理温度若高,对强电介质存储装置容易造成损伤。即,

为了使强电介质结晶,需要在氧气氛中的高温处理。该高温处理之际,要是多晶硅或电极材料氧化形成绝缘层,就会因该绝缘层而使强电介质电容的特性恶化。

并且,作为PZT或SBT构成元素的Pb、Bi容易扩散,随着这些元素扩散到半导体器件侧,导致其特性恶化。这些恶化随着强电介质的处理温度越高越显著,而

5 且高集成度的半导体器件(例如,1M位以上的集成度的半导体器件)变得更明显。

因此,在现状,强电介质电容适用于即使强电介质膜处理温度高、影响也比较小的集成度(例如1~256kb)的半导体器件。然而,现在就DRAM、快速存储器等而言,已经要求16M位到G位的集成度,因此,强电介质存储装置的应用范围受到限制。另一方面,如果降低强电介质的处理温度,以便防止由上述这种高温氧

10 气氛引起的器件恶化,则强电介质膜的结晶性下降。其结果,强电介质电容的残余极化特性下降,疲劳特性、印码特性以及保持特性等也会下降。

发明内容

本发明的目的在于提供一种降低处理温度,然而仍能够获得结晶性等特性高的陶瓷的制造方法,以及陶瓷的制造设备。

15 本发明的另一个目的在于提供一种使用按照本发明的方法所得陶瓷的半导体器件和压电元件。

(A)制造方法

本发明的制造方法包括:将至少变成陶瓷原材料一部分的原材料的微粒子和活性材料混合以后供给基体,在该基体上面形成陶瓷膜的工序。

20 按照本制造方法,由于在接触基体之前混合具有高动能的活性材料和原料材料的微粒子,可在把动能给予原料材料微粒子的状态将其淀积于基体上。因此,即使上述原料材料的微粒子具有理想的是 $0.1\mu\text{m}$ 以下,最好是 $0.01\mu\text{m}$ 以下小直径的情况下,也能控制成膜速度,并能形成底部或侧面覆盖良好的陶瓷膜。

并且,通过由上述活性材料把能量传给上述微粒子,能够提高膜原子的迁移

25 能。其结果跟不供给活性材料时相比,可在低温的处理温度下形成诸如结晶性等膜质优良的陶瓷。

进而,用本发明制造方法获得的膜由于具有微细而且均匀分布的空洞,所以原子容易迁移。因此,可以减少结晶化需要的能量,由此也可以达到处理温度的降低。

30 由以上将本发明的制造方法应用于形成强电介质时,在 500°C 以下的处理温

度,可以获得结晶性高的强电介质。例如,对于 SBT 的情况来说,理想是 600℃ 以下,最好是 450℃ 以下的温度,对于 PZT 的情况来说,理想的是 500℃ 以下,最好是 450℃ 以下的温度,对于 BST((Ba, Sr)TiO₃)的情况来说,理想的是 500℃ 以下,最好是 450℃ 以下的温度就可以结晶化。

5 本发明的制造方法进而可以采用以下的各种方案。

(1)上述微粒子直径(例如,对应于直径分布峰值的直径)理想的是 0.1 μm 以下,最好是 0.01 μm 以下。通过将微粒子直径制成该程度的尺寸,形成必要微细图形把本发明的制造方法应用于例如,半导体器件。

(2)上述微粒子带有电荷是理想的。例如,通过将微粒子制成上述(1)程度的尺寸,由于微粒子在放电(辉光放电、弧光放电)或在供给管流动的过程中的摩擦带上电荷。

这样,由于原料材料的微粒子上带有电荷,利用微粒子极性不同的离子作为活性材料,使两者结合。其结果,确实由活性材料的动能将原料材料供给基体。

(3)上述原料材料的微粒子可以在混合上述活性材料前被汽化。该情况下也能够
15 成膜。

(4)上述活性材料是原子团或离子。作为活性材料利用离子时,例如采用将上述基体一侧接地的办法,就可以增加活性材料的动能。

上述活性材料也可以是使变成上述陶瓷原材料一部分的原料材料的原子团或离子、惰性气体活化得到的离子,或者两者的混合物。作为上述活性材料,用作
20 上述陶瓷的原材料时,就是氧或氮的原子团或者离子。作为上述活性材料,不用作上述陶瓷的原材料时,就是氩或氙等惰性气体的离子。

作为原子团或离子的发生方法,可以举例使用公知的方法,例如,RF(高频)、微波、ECR(电子回旋共振)等的活性材料生成方法。并且,活性材料也可以是原子团、离子以外的臭氧。臭氧可由臭氧发生器生成。

(5)上述活性材料至少在加速的状态下供给上述基体是理想的。这样,通过加速活性材料,结果可以控制原料材料的动能,进而可以达到控制成膜速度、改善膜的覆盖性以及降低处理温度。作为加速活性材料的方法,可以采用外加电场的方法等。

(6)上述陶瓷膜可以对上述基体局部地加以形成。就是,在本制造方法中,不是
30 全面地对基体,而是部分地在微小区域进行陶瓷膜的形成区域。本制造方法中,

以下的方法是理想的。就是，可以包括在上述基体的表面上，形成对成膜的陶瓷具有亲和性的膜形成部和对成膜的陶瓷不具有亲和性的非膜形成部，并自对准地在上述膜形成部形成陶瓷膜的工序。

- (7)上述陶瓷膜由 LSMCD 法或喷雾 CVD 法形成是理想的。这些方法适合实现
5 上述本发明的制造方法。

以上有关本发明的较好方式，也适用下述的本发明制造设备。

(B)制造设备

本发明的制造设备包括：形成陶瓷的基体的配置部分；

用于把上述基体加热到规定温度的加热部分；

- 10 在微粒子状态，用于供给变成至少陶瓷原材料一部分的原料材料的原料材料供给部分；

用于供给活性材料的活性材料供给部分；和

用于混合由上述原料材料供给部分供给的原料材料和由上述活性材料供给部分供给的活性材料的混合部分，以及

- 15 将上述原料材料和上述活性材料混合以后，供给上述基体进行成膜。

上述原料材料供给部分可以包括：原料贮藏部、将由原料贮藏部供给的原料制成微粒子的雾化部。上述原料材料供给部分还具有加热部，借助于该加热部，可使上述微粒子汽化。

进而，上述基体的配置部分可以构成上述加热部。

- 20 (C)按照本发明的制造方法获得的陶瓷用于各种用途。以下，举出代表性用途的器件。

(1)具有包括按照本发明制造方法形成的强电介质膜的电容的半导体器件。作为这样的半导体器件，有使用作为强电介质膜的按照本发明制造方法获得的高介电常数的强电介质膜的 DRAM，使用强电介质的存储(FeRAM)装置。

- 25 (2)包括按照本发明制造方法形成的强电介质膜的压电元件。该压电元件可应用于传动装置、喷墨打印机的喷墨头等。

附图说明

图 1 是模式地表示本发明制造方法和制造设备的第 1 实施例的图。

图 2A 和 B 是模式地表示本发明制造方法和制造设备的第 2 实施例的图，图

- 30 2A 是基体的平面图，图 2B 是沿图 2A 的 A-A 线的剖面图。

图3是模式地表示本发明第3实施例的半导体器件剖面图。

具体实施方式

[第1实施例]

图1是模式地表示本实施例的陶瓷制造方法及其制造设备的图。

- 5 本实施例中，陶瓷的制造设备1000是LSMCD或喷雾CVD的装置。陶瓷的制造设备1000具有活性材料供给部分100、原料材料供给部分200、混合部分300和基体的装载部分(配置部分)40。

活性材料供给部分100按照上述的各种方法，形成原子团或离子等的活性材料。而且，将活性材料送给混合部分300。

- 10 作为活性材料采用离子时，可以使用，例如 Ar^+ 、 Kr^+ 、 Xe^+ 、 O^+ 、 O^{2+} 、 N^+ 等。这时，通过装载部分40接地，可以增加这些活性材料的动能。而且，在形成SBT、PZT等的氧化物时采用 O^+ 、 O^{2+} 作为活性材料，形成氮化物时采用 N^+ 作为活性材料，或者通过和惰性气体的离子共用，能更有效地向结晶中供给氧或氮，进而可以获得结晶性良好的强电介质。

- 15 原料材料供给部分200具有贮存有机金属、有机金属络合物等的陶瓷材料的原料容器210和使原料雾化的雾化部分220。雾化后的原材料送往混合部分300。

用喷雾CVD法成膜时，原料材料供给部分200可在雾化部分220与混合部分300之间配置用于使雾沫汽化的加热部分230。即使这时，也能形成几乎和LSMCD法同样膜质的强电介质膜。

- 20 混合部分300可以混合从原料材料供给部分200供给的原料材料和从活性材料供给部分100供给的活性材料。在混合部分300的顶端设置筛网320。

装载部分(配置部分)40具有用于将基体10加热到规定的温度的加热部。而且，装载部分40接地。

- 并且本实施例中，是在混合部分300与装载部分40之间外加电场来代替装载部分40接地，也可以加速从混合部分300向装载部分40的离子材料(活性材料和原料材料)。例如，是在装载部分40上加上偏压，可以加速带有正电荷和负电荷的离子材料。并且，也可以外加电场使基体侧变成正极或负极的两者之一方。这时，将基体的极性设定为跟活性材料的极性相反的极性。这样，通过至少由电场加速活性材料，确实可把原料材料的微粒子供给基体10。所以，能够控制成膜速度、降低结晶化需要的处理温度。
- 25
- 30

倘若采用该陶瓷的陶瓷的制造设备 1000, 则按以下的顺序形成陶瓷膜 20。

首先, 在原料材料供给部分 200, 由原料容器 210 供给雾化部分 220 的原料, 例如用超声波变成直径具有分布在较好 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下, 最好 $0.01\ \mu\text{m}$ 以下峰值的雾沫(原料材料的微粒子)。雾沫直径会随着超声波的频率、使用功率等而改变。在雾化部分 220 形成后的雾沫送入混合部分 300。而且, 从活性材料供给部分 100 把活性材料送给混合部分 300。已在混合部分 300 中混合的雾沫和活性材料从混合部分 300 供向基体 10, 并在基体 10 上面形成陶瓷膜 20。

按照本实施例, 由于接触基体 10 之前已在混合部分 300 中混合具有高动能的活性材料和雾沫(原料材料的微粒子), 可以在把动能赋予原料材料微粒子的状态下, 使其堆积到基体 10 上。因此, 上述原料材料微粒子即便有 $0.01\ \mu\text{m}$ 以下直径的情况, 也能控制成膜速度, 可以形成底部或侧面覆盖良好的陶瓷膜 20。

并且, 通过由活性材料把能量赋予原料材料微粒子, 可以提高膜的原子的迁移能。其结果, 跟不供给活性材料的情况比较, 在低温的处理温度下, 能够形成例如结晶性等膜质优良的陶瓷。

而且, 本实施例中所得的膜层, 由于用 LSMCD 法或喷雾 CVD 法形成, 并具有微细而均匀分布的空洞, 因而原子容易迁移。因此, 会减少结晶化需要的能量, 从这一点来看, 也可以达到处理温度的降低。

[第 2 实施例]

图 2A 和图 2B 表示本发明的成膜方法的变形例。图 2A 表示基体 10 的平面, 图 2B 表示沿图 2A 的 A-A 线的剖面。

本实施例中, 示出基体 10 上面部分地形成陶瓷膜的例子。这样, 由于部分地进行陶瓷成膜的区域, 跟全面地形成陶瓷膜的情况比较, 相对地减少了需要加热的部分的容量, 因而减少加热处理所需的热能。其结果, 可以相对地降低加热处理的温度。所以, 倘若采用本实施例, 除降低供给活性材料的处理温度外, 还能完成处理温度的降低。

本实施例中, 基体 10 具有基体本体 12、形成于基体本体 12 上面的膜形成部 14 和非膜形成部 16。

膜形成部 14 是由对与形成于基体 10 上的陶瓷化学或物理亲和性高的材料, 例如陶瓷的原料材料粘润性好的材料构成。相对于此, 非膜形成部 16 是由对与成膜的陶瓷化学或物理亲和性差的材料, 例如陶瓷的原料材料粘润性小的材料构成。这

样,借助于构成基体 10 的表面,采用在希望形成陶瓷膜的区域上配置膜形成部 14 的办法,形成规定图形的陶瓷膜 20。

例如,作为陶瓷膜形成强电介质膜时,可以使用氧化铌作为膜形成部 14 的材料,使用氟系化合物作为非膜形成部 16 的材料。

- 5 本实施例的陶瓷制造方法,可以应用于将强电介质作为主要的各种陶瓷,而且特别适合应用于层状钙钛矿。层状钙钛矿在对 C 轴的直角方向,因为氧特别是原子团(原子状氧)容易扩散,所以为了结晶的加热处理中,从陶瓷膜 20 侧面来的原子团变得容易迁移。其结果,钙钛矿的氧缺损将减少,极化特性提高,并抑制疲劳特性、印码特性等的恶化。

10 [第 3 实施例]

图 3 表示采用按照本发明的制造方法得到强电介质的半导体器件(强电介质存储装置 5000)例。

- 强电介质存储装置 5000 具有 CMOS 区域 R1 和形成于该 CMOS 区域 R1 上的 CMOS 区域 R2。CMOS 区域 R1 具有公知的结构。即,CMOS 区域 R1 具有半导
15 体衬底 1、形成于该半导体衬底 1 上的器件隔离区 2 和 MOS 晶体管 3、及层间绝缘膜 4。CMOS 区域 R2 具有由下部电极 5、强电介质膜 6 和上部电极 7 构成的电容 C100、跟下部电极 5 连接的布线层 8a、跟上部电极 7 连接的布线层 8b、以及绝缘层 9。而且,MOS 晶体管 3 的杂质扩散层 3a 和构成电容 C100 的下部电极 5 通过由多晶硅或钨插头构成的接触层 11 进行连接。

- 20 在本实施例的强电介质存储装置 5000 中,构成电容 C100 的强电介质膜(PZT、SBT)6 可在比一般强电介质低的温度,例如在 PZT 时 500℃以下,在 SBT 时 600℃以下的温度下形成。另外,疲劳特性、印码特性、保持特性都跟一般强电介质等同,使残余极化,在 PZT 的情况为 $10 \mu\text{C}/\text{cm}^2$,在 SZT 的情况为 $5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$,按照本发明也可以把结晶化温度降到 450℃以下。

- 25 因而,本实施例中,形成强电介质膜 6 时,可以对 CMOS 区域 R1 抑制因热发生的损伤,所以电容 C100 可以应用于高集成度的强电介质存储装置。并且,强电介质膜(PZT、SBT)6 由于可以在比一般强电介质低的温度形成,所以即使不用铌或铂金等高价材料作为构成 CMOS 区域 R1 的布线层(图未示出)和电容 C100 的电极部分 5、7 的材料,也不会使布线层或电极部分恶化。因此,作为这些布线层
30 或电极部分材料,可以使用便宜的铝合金,达到降低成本的目的。

- 进而，在 CMOS 等的半导体器件中，为了防止强电介质(PZT、SBT)造成的污染，一般，通过隔离半导体工序和电容工序来进行。然而，倘若采用本发明的制造方法，因为可以降低强电介质的处理温度，而且一般是在半导体工艺最后工序的多层布线工序后，可以连续形成电容。因此，可以减少隔离的工序，使处理简化。
- 5 进而，倘若采用本发明的制造方法，因为不需要使半导体工序和电容工序隔离，所以有利于制造混装逻辑电路、模拟电路的半导体器件。

按照本发明的制造方法形成的强电介质，并不限定用于上述强电介质存储装置，通过在各种半导体器件，例如 DRAM 中使用如 BST 这种的高介电常数的强电介质，谋求电容大容量化。

- 10 并且，按照本发明的制造方法形成的强电介质，也可以应用于其它用途，例如用于传动器的压电元件的压电体、喷墨打印机的喷墨头等上。

进而，按照本发明的制造方法形成的氮化物(氮化硅、氮化钛)，可应用于例如，半导体器件的钝化膜、局部互连膜等上。

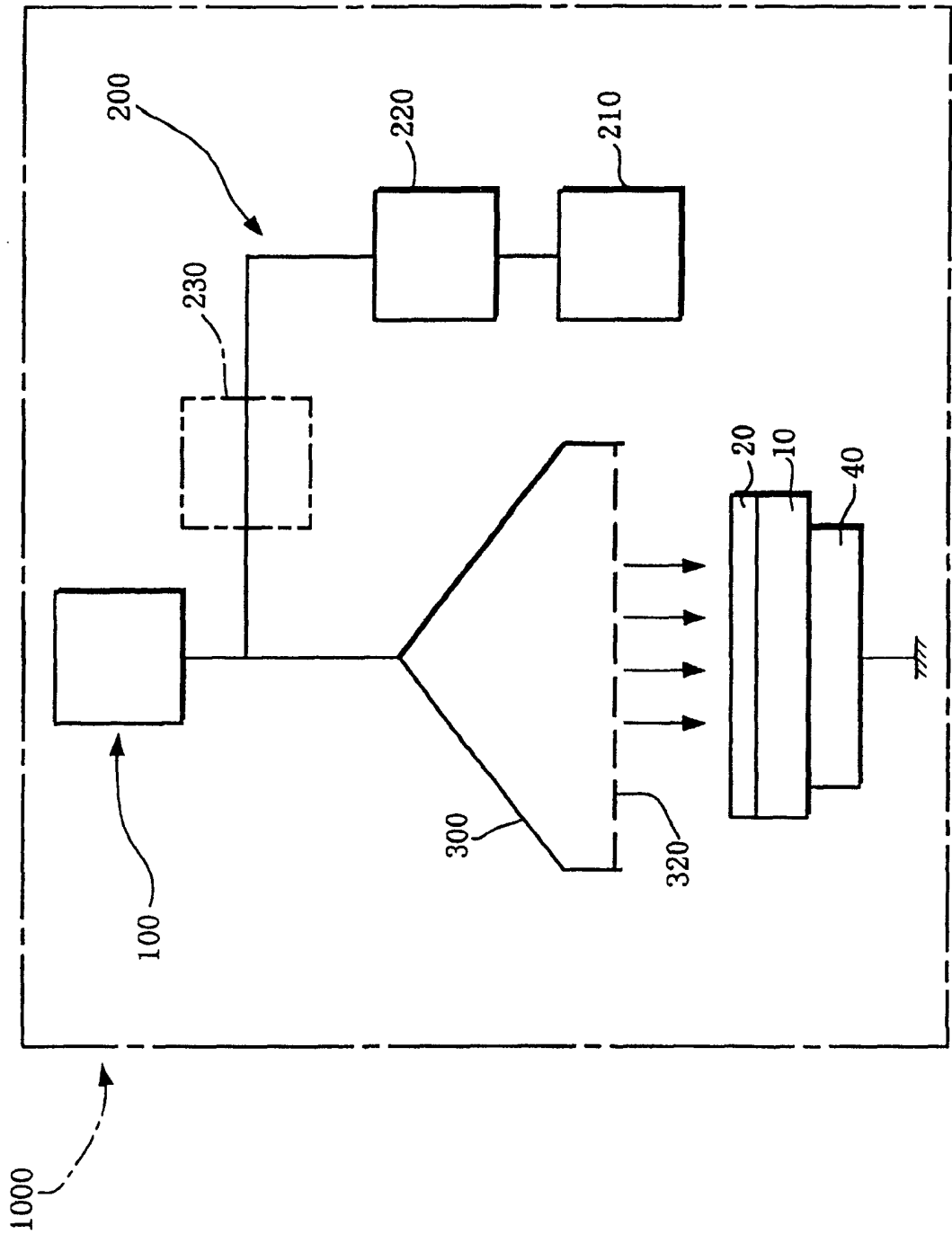


图 1

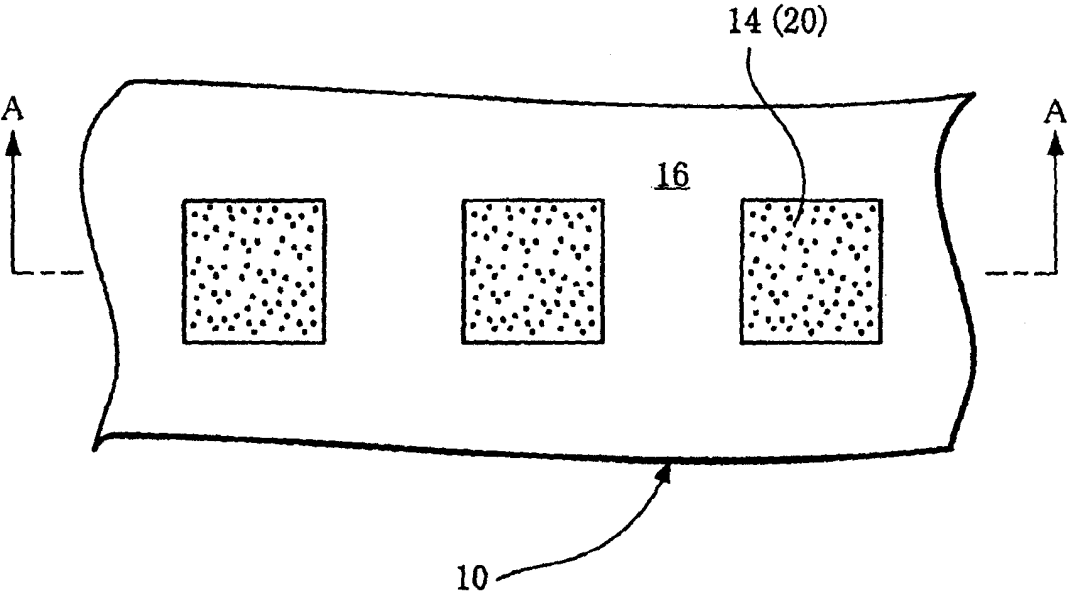


图 2A

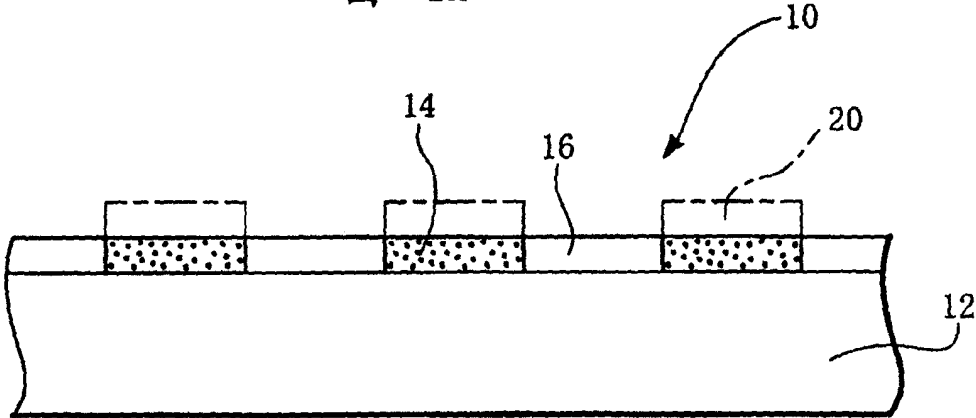


图 2B

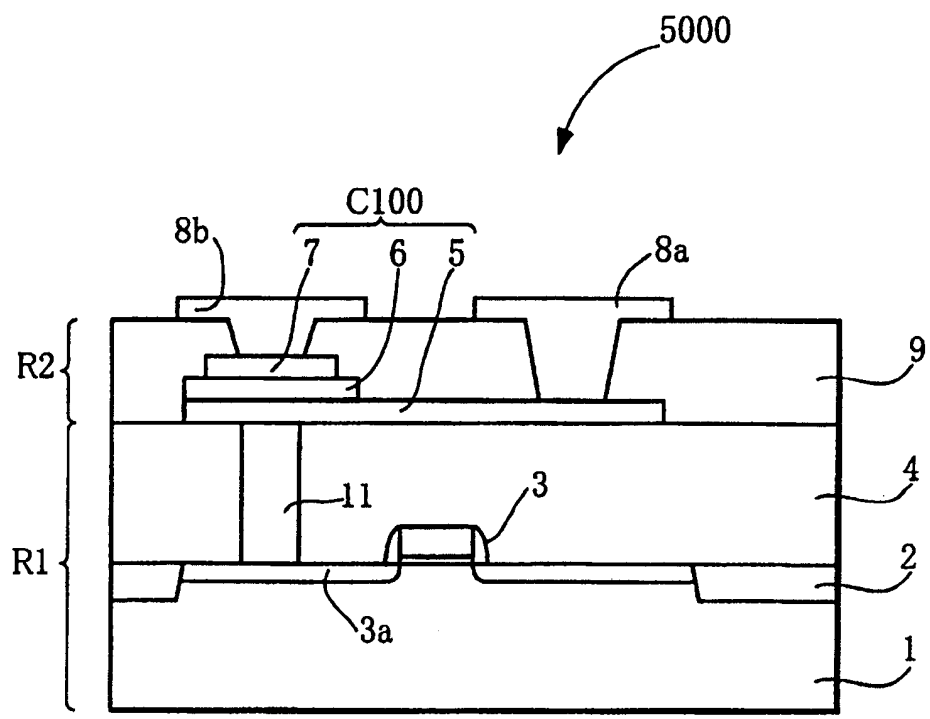


图 3