

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101310221 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 28

(21) 申请号 200780000150. 0

US 2001/0049064 A1, 2001. 12. 06, 全文.

(22) 申请日 2007. 02. 27

JP 特开 2001-142195 A, 2001. 05. 25, 全文.

(30) 优先权数据

063753/2006 2006. 03. 09 JP

US 2004/0121244 A1, 2004. 06. 24, 说明书第 [0027]-[0028], [0044], [0058], [0209]-[215] 段、附图 23-24f.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2007. 09. 28

CN 1373861 A, 2002. 10. 09, 全文.

审查员 张文平

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/JP2007/053604 2007. 02. 27

(87) PCT 申请的公布数据

W02007/102338 JA 2007. 09. 13

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 三板章夫

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

G03F 1/32 (2012. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2002-107909 A, 2002. 04. 10, 全文.

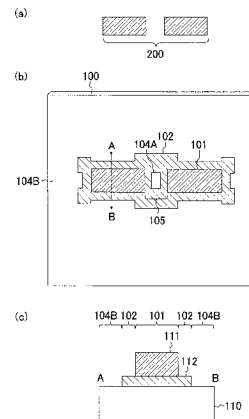
权利要求书 3 页 说明书 27 页 附图 28 页

(54) 发明名称

光掩膜、其制造方法及使用该光掩膜的图形形成方法

(57) 摘要

在透射性基板 100 上, 设有譬如由遮光部 101 构成的掩膜图形、和被半遮光部 102 围绕的第一透光部 104A。掩膜图形具有隔着半遮光部 102 及第一透光部 104A 互相相对的第一图形区域和第二图形区域。



1. 一种光掩膜,该光掩膜在对曝光光具有透光性的透射性基板上设有用于形成一组矩形的抗蚀图形的掩膜图形,其特征在于:

在上述透射性基板上进一步具备:使上述曝光光部分地透射的半遮光部、被上述半遮光部围绕并且对上述曝光光具有透光性的第一透光部、和围绕上述掩膜图形并且对上述曝光光具有透光性的第二透光部;

上述掩膜图形具有与上述一组矩形的抗蚀图形对应的第一图形区域及第二图形区域,第一图形区域和第二图形区域被配置为隔着上述半遮光部的至少一部分和上述第一透光部互相相对;

上述半遮光部、上述第一透光部和上述第二透光部,使上述曝光光互相以同相位透射。

2. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部也被配置在上述第一图形区域及上述第二图形区域的至少其中一个图形区域中的位于上述第一透光部一侧的角部周边。

3. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第二透光部被配置为围绕由上述半遮光部、上述第一图形区域和上述第二图形区域所构成的区域的周缘部。

4. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第二透光部被配置为围绕上述第一图形区域及上述第二图形区域的各自的周缘部,通过这样的配置使得上述第一图形区域及上述第二图形区域分别和上述半遮光部分隔。

5. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部被配置为围绕上述第一图形区域及上述第二图形区域的各自的周缘部。

6. 根据权利要求 5 所述的光掩膜,其特征在于:

位于上述第一图形区域及上述第二图形区域的各自角部周边的上述半遮光部的宽度,大于位于该各角部以外的上述第一图形区域及上述第二图形区域的各自周边的上述半遮光部的宽度。

7. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部以所述透光部为基准以 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下的相位差使上述曝光光透射, n 为整数。

8. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部对上述曝光光的透射率在 5% 以上并且在 30% 以下。

9. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域和上述第二图形区域的间隔为 $M \times \lambda / NA$ 以下, λ 为上述曝光光的波长, M 和 NA 为曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径。

10. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

在与上述第一图形区域和上述第二图形区域的相对方向垂直的方向的上述第一透光部尺寸,小于在该垂直方向的上述第一图形区域及上述第二图形区域的各自的尺寸。

11. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域及上述第二图形区域分别为矩形。

12. 根据权利要求 11 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域的短边和上述第二图形区域的短边相对。

13. 根据权利要求 12 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域的短边尺寸和上述第二图形区域的短边尺寸相等。

14. 根据权利要求 12 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域的短边尺寸小于上述第二图形区域的短边尺寸。

15. 根据权利要求 11 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域的短边和上述第二图形区域的长边相对。

16. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部由厚度 30nm 以下的金属薄膜构成。

17. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域及上述第二图形区域分别由实质上不使上述曝光光透射的遮光部构成。

18. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域及上述第二图形区域分别由移相器部构成,该移相器部使对透射上述透光部的上述曝光光以反相位来使上述曝光光透射。

19. 根据权利要求 1 所述的光掩膜,其特征在于:

上述第一图形区域及上述第二图形区域的其中一个图形区域由实质上不使上述曝光光透射的遮光部构成,另一个图形区域由对透射上述透光部的上述曝光光以反相位使上述曝光光透射的移相器部构成。

20. 根据权利要求 17 或 19 所述的光掩膜,其特征在于:

上述遮光部对上述曝光光具有 1% 以下的透射率。

21. 根据权利要求 17 或 19 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部由在上述透射性基板上形成的半遮光膜构成,
上述遮光部由在上述半遮光膜上进一步层积的遮光膜构成。

22. 根据权利要求 18 或 19 所述的光掩膜,其特征在于:

上述移相器部是以上述透光部为基准,以 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下的相位差使上述曝光光透射, n 为整数。

23. 根据权利要求 18 或 19 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部由在上述透射性基板上形成的半遮光膜构成,
上述移相器部由在上述半遮光膜上进一步层积的移相膜构成。

24. 根据权利要求 18 或 19 所述的光掩膜,其特征在于:

上述半遮光部由在上述透射性基板上形成的半遮光膜构成,
上述移相器部由在上述半遮光膜形成的开口部构成。

25. 根据权利要求 24 所述的光掩膜,其特征在于:

位于成为上述移相器部的上述开口部的上述透射性基板被下挖。

26. 一种根据权利要求 18 所述的光掩膜的制造方法,其特征在于,包括:

工序 a, 在上述透射性基板上形成半遮光膜;

工序 b, 除去分别位于成为上述第一透光部的区域、成为上述第二透光部的区域、上述第一图形区域、以及上述第二图形区域的上述半遮光膜;

工序 c, 在上述工序 b 之后, 将分别位于上述第一图形区域及上述第二图形区域的上述透射性基板下挖规定深度, 由此来形成上述移相器部。

27. 一种根据权利要求 1 所述的光掩膜的图形形成方法, 其特征在于, 包括:

工序 a, 在基板上形成抗蚀膜;

工序 b, 隔着上述光掩膜对上述抗蚀膜照射上述曝光光;

工序 c, 将被照射了上述曝光光的上述抗蚀膜显影形成抗蚀图形。

28. 一种根据权利要求 27 所述的图形形成方法, 其特征在于:

上述工序 b 采用离轴照明法。

29. 根据权利要求 27 或 28 所述的图形形成方法, 其特征在于:

上述抗蚀膜由正型抗蚀剂构成;

上述工序 c 中, 作为上述抗蚀图形, 形成有与上述第一图形区域对应的第一抗蚀图形、和与上述第二图形区域对应的第二抗蚀图形。

光掩膜、其制造方法及使用该光掩膜的图形形成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光掩膜和使用该光掩膜的图形形成方法，该光掩膜是用来形成制造半导体集成电路装置等使用的细微图形。

背景技术

[0002] 近年来由于使用半导体实现的大规模集成电路装置（以下称为LSI）的高集成化，线路图形的细微化的需要性增加。结果使得构成电路的线路图形的细线化变得非常重要。

[0003] 以下，有关现有的光曝光系统的线路图形的细线化，以使用正型抗蚀剂工序作为例子进行说明。这里，所谓线状图形是在抗蚀膜不会因曝光光而感光的部分，换句话说，也就是显影后仍残留的抗蚀剂部分（抗蚀图形）。并且，所谓空间图形，是在抗蚀膜的因曝光光而感光的部分，也就是根据显影而除去抗蚀剂成为开口的部分（抗蚀剂除去图形）。并且，如果使用负型抗蚀剂工序来替换为正型抗蚀剂工序，将前述的线状图形及空间图形的各自的定义加以替换就可以。

[0004] 向来使用光曝光系统进行图形形成时，使用着在由石英等构成的透明基板（透射性基板）上由Cr（铬）等构成的遮光图形与所要图形相对应地被描绘的光掩膜。在这个光掩膜中，Cr图形的存在区域成为不使某个波长的曝光光透射（实质透射率为0%）的遮光部，Cr图形不存在的区域（开口部）成为对前述的曝光光具有与透射性基板相同透射率（实质地透射率为100%）的透光部。并且，在该光掩膜中，使得所有的掩膜图形在透射性基板上被描绘，同时，曝光时从透射性基板背侧面（未设有掩膜图形的一侧）被照射的光透射过透射性基板之后被照射到掩膜图形。因而，在本发明中所说的掩膜图形对曝光光的透射率，并不是掩膜图形各部的绝对透射率，而是使用以透射性基板的透射率（100%）作为基准的相对透射率。

[0005] 使用前述光掩膜，对被涂布有抗蚀剂的晶片进行曝光时，透射过光掩膜的光像被投影到晶片上。这时，光掩膜的遮光部与抗蚀剂的非感光部对应，同时光掩膜的开口部（透光部）与抗蚀剂的感光部对应，结果，在晶片上能形成所要的抗蚀图形。因此，对这一类的光掩膜，也就是由对某个波长的曝光光的遮光部及透光部构成的光掩膜被称为二维式光掩膜。

[0006] 然而，使用前述二维式掩膜以高的尺寸精度要来形成曝光波长（曝光光波长）以下的细微图形时，将由于光衍射现象变得困难。其理由如下。由于透射过光掩膜被投影在晶片上的光的衍射像的振幅强度降低，因此，成为非衍射光的0次光的比率，也就是在光学像的杂讯成分比率变大，而无法获得鲜明影像。结果使得掩膜上的图形尺寸误差在光的投影像中受到强调，以所要的尺寸精度进行图形形成也将变得困难。这个现象被称为MEF（掩膜误差因子）的增加。由于近年在LSI要求以高精度的尺寸控制进行图形形成，因此MEF的降低成为特别重要的课题。

[0007] 并且，由于光的衍射现象引起的其他问题，即使将掩膜图形形成为矩形，有着以该掩膜图形的曝光所形成的抗蚀图形产生方角钝化的现象。特别是在形成线宽小的线状抗蚀

图形时,该抗蚀图形的方角钝化将带来该抗蚀图形的线端部的后退现象。这个现象成为在 LSI 集成化中的重大缺点。

[0008] 图 26(a) 及 (b), 是用来说明上述抗蚀图形的方角钝化给 LSI 的集成化带来不良影响的图。具体来说, 图 26(a), 示出配置有晶体管的设计图形的一个例子。如图 26(a) 所示, 表示活性区域的活性层图形 11 上, 配置有表示晶体管的栅极电极的栅极层图形 12。并且, 在活性层图形 11 的栅极层图形 12 两侧, 配置有表示与源极区域或漏极区域连接的接触的接触图形 13。这里, 为了提高 LSI 的集成化并高密度配置晶体管, 必须缩小表示互相邻接的晶体管的栅极层图形 12 互相之间的区域(以下称“相对区域”)、以及缩小在该相对区域的栅极层图形 12 从活性层图形 11 的突出量。因此, 如图 26(a) 所示, 在上述相对区域的栅极层图形 12 的突出量 A, 将变得小于从上述相对区域的相反侧的区域(以下为称“非相对区域”)的栅极层图形 12 的突出量 B。

[0009] 图 26(b), 是示出将图 26(a) 所示设计图形的各层(layer) 每图形分别作为掩膜图形进行曝光时所形成的各层的抗蚀图形的重叠形状。具体来说, 如图 26(b) 所示, 与活性层图形 11 对应的抗蚀图形 21 的形状、与栅极层图形 12 对应的抗蚀图形 22 的形状、以及与接触图形 13 对应的抗蚀图形 23 的形状被重叠。并且, 如图 26(b) 所示, 在与栅极层图形 12 对应的抗蚀图形 22 中, 线端部变圆而比规定的掩膜尺寸(也就是栅极层图形 12 尺寸) 后退。这时, 在栅极层图形 12 中确保了相对较大突出量 B 的非相对区域一侧, 作为抗蚀图形 22 在活性区域端部上的栅极长度方向的宽度, 实现了在活性区域中央部上的所要栅极长度 Lg_0 。但是, 在栅极层图形 12 中未能充分地确保突出量 A 的相对区域一侧, 在抗蚀图形 22 的活性区域端部上的栅极长度方向的宽度 Lg_1 将变得小于所要的栅极长度 Lg_0 。这样地, 在活性区域端部上存在无法确保充分的栅极长度位置时, 在该位置源极和漏极之间漏电流增加的结果, 作为 LSI 将会变得无法正常动作。

[0010] 如上述般, 抗蚀图形的方角钝化现象, 将使得缩小在多个晶体管邻接的电路设计栅极层图形的相对区域、以及缩小在该相对区域的栅极突出量变得困难, 使得防止抗蚀图形方角钝化的现象成为 LSI 的集成化的重要课题。

[0011] 这里, 为了防止在抗蚀图形的方角钝化, 一种在掩膜图形的角部周边设置将光遮光的图形的方法被公开(譬如专利文献 1)。图 27(a) 及 (b), 是专利文献 1 所公开的方法, 具体来说, 是用来说明为了防止抗蚀图形的方角钝化使用透射率调整膜的方法图。图 27(a) 是示出根据曝光想要形成的所要图形的图。如图 27(a) 所示, 所要图形为互相邻接的多个矩形图形 30。并且, 图 27(b) 是示出用来形成图 27(a) 所示所要图形的光掩膜的平面结构图。并且, 图 27(b) 中, 透射性基板是斜视图性地示出。如图 27(b) 所示, 在透射性基板 50 上设有与所要图形对应的遮光部 51。进一步地, 在遮光部 51 之间的透光部 54 配置区域中、在该区域互相交叉的位置(透光部交叉位置) 52 设置有透射率调整膜 53。透射率调整膜 53 是用来调整透射透光部 54 的光的量, 通过在透光部交叉位置 52 设置透射率调整膜 53, 能够减少透射该位置 52 的光的量。由此, 能防止光过剩地透射过透光部交叉位置 52, 因此, 能够抑制透光部交叉位置 52 及其周边对应的抗蚀图形的方角钝化。

[0012] 【专利文献 1】

[0013] 日本特开平 7-219207 号公报

发明内容

[0014] 解决课题

[0015] 上述专利文献 1 中所公开的方法、也就是通过在透光部交叉位置设置透射率调整膜将能够抑制抗蚀图形方角钝化,但是使用这个现有技术并无法抑制形成细微图形时在抗蚀图形的相对区域尺寸的 MEF 的增加。因此,由于难以缩小栅极层图形的相对区域,而无法高密度地配置晶体管实现 LSI 的集成化。

[0016] 有鉴于上述,本发明的目的在于:提供一种光掩膜以及使用该光掩膜的图形形成方法,该光掩膜能够抑制抗蚀图形的方角钝化并且在图形相对区域中获得 MEF 降低效果。

[0017] 解决方法

[0018] 为了达成上述目的,本发明的光掩膜是一种在对曝光光具有透光性的透射性基板上设有掩膜图形的光掩膜:该光掩膜在上述透射性基板上进一步具备使上述曝光光部分地透射的半遮光部、被上述半遮光部围绕并且对上述曝光光具有透光性的第一透光部、以及围绕上述掩膜图形并且对上述曝光光具有透光性的第二透光部;上述掩膜图形具有第一图形区域及第二图形区域,第一图形区域和第二图形区域被配置为隔着上述半遮光部的至少一部分及上述第一透光部互相相对;上述半遮光部、上述第一透光部和上述第二透光部,使上述曝光光互相以同相位透射。

[0019] 并且,本发明的光掩膜制造方法是制造上述本发明的光掩膜的方法,上述本发明的光掩膜中,在上述第一图形区域及上述第二图形区域由移相器部构成、该移相器部对透射上述透光部的上述曝光光以反相位使上述曝光光透射的情况下,该制造方法包括:工序 a,在上述透射性基板上形成半遮光膜;工序 b,除去分别位于成为上述第一透光部的区域、成为上述第二透光部的区域、上述第一图形区域、以及上述第二图形区域的上述半遮光膜;以及工序 c,在上述工序 b 之后,将分别位于上述第一图形区域及上述第二图形区域的上述透射性基板下挖规定深度,由此来形成上述移相器部。

[0020] 并且,本发明的图形形成方法是使用上述本发明的光掩膜的图形形成方法,包括:工序 a,在基板上形成抗蚀膜;工序 b,对上述抗蚀膜隔着上述光掩膜照射上述曝光光;工序 c,将被照射了上述曝光光的上述抗蚀膜显影形成抗蚀图形。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明,由于在位于掩膜图形的相对区域的透光部和各图形区域之间使其相隔有半遮光部,而能够抑制抗蚀图形的方角钝化及方角钝化所带来的端部后退,同时在图形相对区域中也能够降低 MEF。因此,譬如将本发明适用在形成具有多个晶体管邻接的电路设计的图形时,将能够缩小栅极层图形的相对区域、与缩小该相对区域的栅极突出量,高密度地配置晶体管实现 LSI 的集成化。

附图说明

[0023] 图 1(a) 是示出本发明第一实施例根据光掩膜所要形成的所要抗蚀图形形状图,图 1(b) 是本发明第一实施例的光掩膜的平面图,图 1(c) 是与图 1(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面图。

[0024] 图 2(a) 是示出只以遮光部构成的比较例的光掩膜的平面图,图 2(b) 是示出对图 2(a) 所示光掩膜进行曝光而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果。

[0025] 图 3(a) 是示出对图 2(a) 所示光掩膜的遮光部的相对区域周边进一步设有半遮光部的掩膜平面图,图 3(b) 是示出对图 3(a) 所示光掩膜进行曝光、而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果。

[0026] 图 4(a) 是示出对图 3(a) 所示光掩膜的遮光部与相对区域内的透光部之间进一步设有半遮光部的掩膜平面图,图 4(b) 是示出对图 4(a) 所示光掩膜进行曝光、而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果。

[0027] 图 5(a) 是示出在对图 3(a) 所示光掩膜使图形相对间隔 S 变化而进行曝光时抗蚀图形的相对间隔的 CD 值加以模拟的结果;图 5(b) 是示出对图 4(a) 所示光掩膜使图形相对间隔 S 变化而进行曝光时抗蚀图形的相对间隔的 CD 值加以模拟的结果;图 5(c) 是将以图 3(a) 及图 4(a) 各自所示光掩膜所形成的抗蚀图形的相对间隔的 CD 值的 MEF 加以模拟的结果。

[0028] 图 6(a) 及 (b) 是示出本发明第一实施例的光掩膜的平面结构变形图;图 6(c) 是示出根据模拟求得使用图 6(a) 及 (b) 所示光掩膜形成的抗蚀图形的相对间隔的 CD 值的 MEF 结果图。

[0029] 图 7(a) ~ (c) 是示出本发明第一实施例的光掩膜平面结构的变形图。

[0030] 图 8(a) ~ (c) 是示出本发明第一实施例的光掩膜平面结构的变形图。

[0031] 图 9 是示出本发明第一实施例的光掩膜平面结构的变形图。

[0032] 图 10(a) 是示出本发明第一实施例的变形例根据光掩膜所要形成的所要的抗蚀图形形状图,图 10(b) 是示出第一实施例第一变形例的光掩膜平面图,图 10(c) 是示出与图 10(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面图。

[0033] 图 11(a) 是示出只以移相器部构成的比较例的光掩膜平面图,图 11(b) 是示出对图 11(a) 所示光掩膜进行曝光而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果图。

[0034] 图 12(a) 是示出在图 11(a) 所示光掩膜的移相器部的相对区域周边进一步设置半遮光部的掩膜平面图,图 12(b) 是示出对图 12(a) 所示光掩膜进行曝光而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果图。

[0035] 图 13(a) 是示出对图 12(a) 所示光掩膜在移相器部和相对区域内的透光部之间更进一步设置半遮光部的掩膜平面图,图 13(b) 是示出对图 13(a) 所示光掩膜进行曝光、而形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果图。

[0036] 图 14 是示出根据模拟求得分别使用图 12(a) 及图 13(a) 的各光掩膜形成的抗蚀图形的相对间隔 CD 值的 MEF 的结果图。

[0037] 图 15 是示出本发明第一实施例第一变形例的光掩膜平面结构的变形图。

[0038] 图 16(a) (b) 是示出与图 15 所示线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面图。

[0039] 图 17(a) 是示出本发明第一实施例第二变形例中以光掩膜所要形成的抗蚀图形的形状图,图 17(b) 是示出本发明第一实施例第二变形例的光掩膜平面图,图 17(c) 是示出与图 17(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面图。

[0040] 图 18(a) 是示出只以移相器部构成的比较例的光掩膜平面图,图 18(b) 是示出对图 18(a) 所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果图。

[0041] 图 19(a) 是示出对图 18(a) 所示光掩膜在移相器部的相对区域周边进一步设置半遮光部的掩膜平面图,图 19(b) 是示出对图 19(a) 所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图

形的情况加以模拟的结果图。

[0042] 图 20(a) 是示出对图 19(a) 所示光掩膜在移相器部和相对区域内的透光部之间进一步设置半遮光部的光掩膜平面图,图 20(b) 是示出对图 20(a) 所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果图。

[0043] 图 21 是根据模拟求得以图 19(a) 及图 20(a) 的各光掩膜形成的抗蚀图形的相对间隔 CD 值的 MEF 结果图。

[0044] 图 22 是示出本发明第一实施例第二变形例的光掩膜平面结构的变形图。

[0045] 图 23(a) ~ (d) 是示出与图 22 所示线段 AB 及线段 CD 各自对应部分的剖面图。

[0046] 图 24(a) ~ (d) 是示出本发明第 3 实施例的图形形成方法各工序的剖面图。

[0047] 图 25(a) 是示出通常曝光用的光源形状图,图 25(b) ~ (d) 是示出离轴曝光用的光源形状图。

[0048] 图 26(a) (b) 是用来说明抗蚀图形方角钝化对 LSI 集成化带来不良影响。

[0049] 图 27(a) (b) 是用来说明现有技术为了防止抗蚀图形的方角钝化使用透射率调整膜。

[0050] 图 28(a) 是示出本发明第一实施例第 3 变形中以光掩膜所要形成的所要抗蚀图形的形状图,图 28(b) 是第一实施例第 3 变形例的光掩膜平面图。

[0051] 图 29 是本发明第二实施例的光掩膜制造方法所要形成的光掩膜平面图。

[0052] 图 30(a) ~ (j) 是示出本发明第二实施例的光掩膜制造方法的各工序剖面图。

[0053] 图 31(a) ~ (c) 是分别与图 30(c)、(g)、(j) 剖面图对应的平面图。

[0054] 符号说明

[0055] 100-透射性基板,101-遮光部,102-半遮光部,103-移相器部,104A-第一透光部,104B-第二透光部,105-相对区域,110-石英基板,111-遮光膜(Cr膜),112-半遮光膜(金属薄膜),113-移相膜(SiO_2 膜),115-下挖部,119-抗蚀图形,121-抗蚀膜,121A-抗蚀图形,122-抗蚀膜,122A-抗蚀图形,123A-抗蚀图形,150-透射性基板,151-半遮光膜,152-移相膜,153-遮光膜,154-移相膜,160-透射性基板,160a-下挖部,161-半遮光膜,162-遮光膜,163-移相膜,164-移相膜,200-所要图形,300-基板,301-被加工膜,302-抗蚀膜,302a-潜影部,303-曝光光,304-透射光掩膜的曝光光,305-抗蚀图形,

具体实施方式

[0056] (前提事项)

[0057] 以下说明有关在说明本发明各实施例时的前提事项。

[0058] 通常,由于光掩膜为缩小投影型的曝光机所使用,如果在讨论光掩膜上的图形尺寸时必须考虑缩小倍率。但是,在说明以下各实施例时,为了避开混乱,在说明使与想要形成的所要图形(譬如抗蚀图形)对应来说明掩膜上的图形尺寸时,若没有加以特别说明时,使用以缩小倍率换算该尺寸的值。具体来说,如果在 M 分之一缩小投影系统中,在以宽度 $M \times 100\text{nm}$ 的掩膜图形形成宽度 100nm 的抗蚀图形时,掩膜图形宽度及抗蚀图形宽度均示为 100nm。

[0059] 并且,在本发明的各实施例中,如果没有特别加以说明,M 和 NA 分别表示曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径, λ 表示曝光光的波长。

[0060] 并且,在本发明的各实施例中,在规定能获得有关种种光学特性效果的图形尺寸时,只记载该图形尺寸上限时,该图形尺寸的下限为 $0.02 \times \lambda / NA \times M$ 。其理由在于:从经验上明显得知,单独存在的图形尺寸一旦成为 $0.02 \times \lambda / NA \times M$ 左右以下,则即使该图形为开口部或是为遮光部,无法根据该图形获得明确的光学特性效果。譬如,如果记载图形尺寸以 $0.8 \times \lambda / NA \times M$ 以下能获得特定效果,则意味着能够获得该特定效果的图形尺寸范围为 $0.02 \times \lambda / NA \times M$ 以上、并且为 $0.8 \times \lambda / NA \times M$ 以下。

[0061] 并且,在本发明的各实施例中,有关图形形成,假设为抗蚀剂的非感光区域成为抗蚀图形的正型抗蚀剂工序来说明。并且,如果以负型抗蚀剂工序替换正型抗蚀剂工序,则在负型抗蚀剂工序,由于抗蚀剂的非感光区域遭到除去,只要将正型抗蚀剂工序的抗蚀图形替换为空间图形就可以。

[0062] 并且,在本发明的各实施例中,作为光掩膜以透射型掩膜为前提进行说明。并且,如果取代透射型掩膜以反射型掩膜为前提,则在反射型掩膜中,透射型掩膜的透光区域及遮光区域各自替换为反射区域及非反射区域,因此,将透射型掩膜的透射现象替换为反射现象就可以。具体来说,将透射型掩膜的透射性基板替换为在表面形成有反射曝光光的反射性膜的基板,将透光部或透光区域替换为反射部或反射区域,将遮光部替换为非反射部就可以。进一步地,将在透射型掩膜的光部分地透射的区域替换为在反射型掩膜的使光部分反射的区域就可以,而将透射率替换为反射率就可以。并且,将半遮光部替换为半反射部就可以。并且,在反射型掩膜中,所谓移相器部,是反射光的区域以使得在反射部对被反射的光产生相位差。

[0063] 并且,在以下的各实施例中所说的掩膜图形的透射率时,不是使用掩膜图形各部分的绝对透射率,而是使用以对透射性基板的曝光光的透射率为基准(100%)的相对透射率。因此,如果取代透射型掩膜以反射型掩膜作为对象将透射率替换为反射率的情况,并不是使用掩膜图形各部分的绝对反射率,而是使用在表面形成有反射性膜的基板对曝光光的反射率作为基准(100%)的相对反射率。

[0064] (第一实施例)

[0065] 以下,参照附图来说明本发明第一实施例的光掩膜。

[0066] 图1(a)是示出所要的抗蚀图形形状图,图1(b)是为第一实施例的光掩膜平面图。并且,图1(b)中,有关透射性基板是斜视地示出的图。

[0067] 如图1(a)所示,所要图形为互相接近相对的一组矩形的抗蚀图形200。

[0068] 如图1(b)所示,本实施例的光掩膜中,在透射性基板100上充分宽广的区域设有透光部104(第二透光部104B)。并且,在与根据曝光在晶片上所要形成的抗蚀图形(所要图形)200对应位置的透射性基板100上,设置由一组矩形的遮光部101构成的掩膜图形。本实施例中,与抗蚀图形200对应的该掩膜图形,具有互相接近相对的一组图形区域(一组遮光部101)。并且,作为本实施例的特征,使得位于上述一组图形区域之间的区域(图形相对区域)105的第一透光部104A、和各图形区域(也就是各遮光部101)之间,相隔有半遮光部102。换句话说,在相对区域105,从作为各图形区域的各遮光部101隔着半遮光部102的位置设有第一透光部104A。并且,本实施例中,在含图形相对区域105一侧角部的各遮光部101(也就是各图形区域)的角部周边,也配置有半遮光部102。并且,在各遮光部101的角部周边被形成的半遮光部102的宽度,大于在各遮光部101角部以外的部分的周边

被形成的半遮光部 102 的宽度。换句话说,在各遮光部 101 的角部周边所形成的半遮光部 102 被设置为从各遮光部 101 角部以外的部分周边被形成的半遮光部 102 突出。

[0069] 按照上述说明的本实施例的光掩膜结构,在图形相对区域中也能够降低 MEF,同时,能够抑制被形成的抗蚀图形的方角钝化、以及其所带来的端部后退。因此,譬如将本实施例的光掩膜适用于形成多个晶体管邻接的电路设计图形时,将能够缩小栅极层图形的相对区域、以及缩小该相对区域的栅极突出量,高密度地配置晶体管实现 LSI 的集成化。

[0070] 并且,本实施例中,半遮光部 102 被配置为围绕图形相对区域 105 的第一透光部 104A。这样的结构特别是在抗蚀图形之间的空间尺寸变得微细时为理想的结构。

[0071] 并且,本实施例中,半遮光部 102 被配置为围绕掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的遮光部 101 的周缘部)。根据这样的结构,在制造掩膜图形时能够容易实施光学接近修正(OPC)。

[0072] 并且,遮光部 101 为实质上不使光透射的部分。但是,在实用上,遮光部 101 也可以对曝光光有着 1%左右的透射率,在这个情况,遮光部 101 的效果与透射率 0%的遮光部实质相同。并且,半遮光部 102 使光部分透射。换成其他说法,半遮光部 102 是,比起同时存在的遮光部 101 使光透射、而比起同时存在的透光部 104A 和 104B 不使光透射的部分。这里,透射半遮光部 102 的光与透射透光部 104A 和 104B 的光为同相位的关系(具体来说,两者相位差成为 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的关系)。

[0073] 图 1(c) 是示出图 1(b) 平面图所示光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说,图 1(c) 是示出与图 1(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面结构。如图 1(c) 所示,本实施例中,作为透射性基板的一个例子使用石英基板 110,透光部 104A 和 104B 是石英基板 110 的曝光区域。半遮光部 102,譬如以由 Mo 构成的金属薄膜 112 作为半遮光膜在石英基板 110 上沉积形成。除了 Mo 以外也能够使用譬如 Ta 等来作为金属薄膜 112 的构成材料。具体来说,以厚度 10 ~ 30nm 左右的金属薄膜 112,能够对波长 193nm 的光实现 5 ~ 50%左右的透射率。遮光部 101,通过在金属薄膜 112 上进一步层积譬如作为遮光膜的 Cr 膜 111 而形成。具体来说,如果单独譬如在石英基板 110 上沉积厚度 50nm 左右的 Cr 膜 111,能够实现对波长 193nm 的光具有 1%左右的透射率的遮光部 101,如果单独譬如在石英基板 110 上沉积厚度 100nm 左右的 Cr 膜 112,能够实现对波长 193nm 的光具有未 0.1%的透射率的遮光部 101。因而,如本实施例,如果在譬如由 Mo 构成的金属薄膜 112 上层积 Cr 膜 111 时,能够实现实质上不使光透射的遮光部 101。

[0074] 以下,按照模拟结果说明:如上述般被构成的本实施例的光掩膜,在晶片上形成图形上将发挥优良的图形形成特性、具体来说也就是 MEF 降低效果和抑制抗蚀图形的方角钝化的效果。并且,以下说明中,如果没有特别事先说明,模拟中的光学计算的曝光条件,曝光波长 λ 为 193nm,数值孔径 NA 为 0.85。并且,作为照明条件,采用成为外径干涉度 0.8、内径干涉度 0.53 的 2/3 环状照明。并且,半遮光部对曝光光的透射率为 15%。

[0075] 图 2(a) (b)、图 3(a) (b)、和图 4(a) (b),是用来说明根据本实施例的光掩膜将能够抑制抗蚀图形的方角钝化。并且,图 2(a) (b)、图 3(a) (b)、和图 4(a) (b) 中,在图形相对方向扩大示出图形相对区域和其周边部。

[0076] 首先,图 2(a) 示出只以遮光部构成的比较例的光掩膜平面结构。具体来说,在图 2(a) 所示光掩膜中,设有互相接近相对的一组矩形图形(遮光部 101)作为掩膜图形。这

里,各矩形图形的尺寸是 $600\text{nm} \times 200\text{nm}$, 矩形图形之间隔 (相对间隔)、也就是矩形图形的相对方向的相对区域长度 (相对长度) 是 S 。并且,在图 2(a) 所示光掩膜中,使得各矩形图形被配置为,矩形图形其在与相对方向垂直的方向的相对区域宽度 (相对宽度),根据各矩形图形的长度 200nm 的边受到规定。以下,将图 2(a) 所示光掩膜称为“Type1”。

[0077] 图 2(b) 是示出对图 2(a) 所示光掩膜进行曝光,由此,使一组抗蚀图形形成成为相对间隔的关键尺寸 (CD 值) 成为 80nm , 将其情况加以模拟的结果。如图 2(b) 所示模拟结果可以得知:在以图 2(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 方角钝化的结果,相对间隔的 CD 值成为 80nm 的只有变圆 (钝化) 的线状端部的先端。换句话说,在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值成为 80nm 的位置附近无法充分确保图形宽度。

[0078] 图 3(a) 是示出对图 2(a) 所示光掩膜,在矩形图形 (遮光部 101) 的相对区域周边 (具体的为相对区域的上侧区域及下侧区域) 设有尺寸 $300\text{nm} \times 100\text{nm}$ 的半遮光部 102 的光掩膜平面结构。并且,在图 3(a) 所示光掩膜中,设有半遮光部 102 和各矩形图形重叠 (overlap), 各矩形图形 (遮光部 101) 与半遮光部 102 的重叠宽度为 $(100\text{nm} - S_{\text{nm}}) / 2$ 。以下,将图 3(a) 所示光掩膜称为“Type2”。

[0079] 图 3(b) 示出,根据模拟对图 3(a) 所示光掩膜进行曝光,由此,形成一组抗蚀图形使得相对间隔的关键尺寸 (CD 值) 成为 80nm 的情况的结果。从图 3(b) 所示模拟结果可以得知,以图 3(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119, 方角钝化受到抑制,而使得在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值即使在成为 80nm 位置附近也确保了图形宽度。

[0080] 图 4(a) 是示出,对图 3(a) 所示光掩膜,在各矩形图形 (遮光部 101) 与相对区域内的第一透光部 104A 之间进一步设置半遮光部 102 的光掩膜平面结构。以下,将图 4(a) 所示光掩膜称为“Type3”。并且,“Type3”的光掩膜,是将图 3(a) 所示光掩膜的矩形图形 (遮光部 101) 的一部分 (相对区域的附近部分) 置换为半遮光部 102, 其相对间隔 S , 意味着在相对区域中除去半遮光部 102 的部分 (也就是第一透光部 104A) 在相对方向的长度。这里,位于各矩形图形 (遮光部 101) 和相对区域内的第一透光部 104A 之间的半遮光部 102 的宽度成为 $(100\text{nm} - S_{\text{nm}}) / 2$ 。

[0081] 图 4(b) 是示出,对图 4(a) 所示光掩膜进行曝光形成了一组抗蚀图形、使其相对间隔的关键尺寸 (CD 值) 成为 80nm 的情况加以模拟的结果。从图 4(b) 所示模拟结果可以得知,与图 3(b) 所示“Type2”的模拟结果相同的,以图 4(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 中方角钝化受到抑制,其结果,在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值成为 80nm 的位置附近,也确保了图形宽度。

[0082] 图 5(a) ~ (c) 示出使用“Type2”及用“Type3”的各光掩膜分别进行曝光时相对间隔的 CD 值的 MEF 比较结果。具体来说,图 5(a) 是示出根据模拟在对图 3(a) 的“Type2”的光掩膜使图形相对间隔 S 变化而进行曝光的抗蚀图形的相对间隔的 CD 值的结果。同时,图 5(b) 示出了根据模拟对图 4(a) “Type3”的光掩膜使图形相对间隔 S 变化而进行曝光抗蚀图形的相对间隔的 CD 值结果。并且,图 5(c) 是将图 5(a) 及 (b) 所示结果代入 $\text{MEF} = \Delta \text{CD} / \Delta S$ 所定义的计算式求得的“Type2”及“Type3”的各光掩膜所形成的抗蚀图形的相对间隔的 CD 值的 MEF。

[0083] 一般来说,无论是抗蚀图形或空间图形 (space pattern), 只要是大于 λ / NA 的图形就能够实现 1 左右的 MEF, 而在小于 λ / NA 的图形的情况, 则无法避免 MEF 的增加, 特别

是在 $0.5 \times \lambda / \text{NA}$ 以下的图形中 MEF 的增加明显。这意味着一旦掩膜图形的相对间隔成为 λ / NA 以下,最好是实施用来降低 MEF 的对策。

[0084] 如图 5(c) 所示,若以“Type2”的光掩膜,在相对间隔的 CD 值为 160nm 时能以 1 左右的 MEF 形成抗蚀图形,但是,若相对间隔的 CD 值缩小到 80nm 则 MEF 增加到 4 左右。MEF 若为 4 左右,则光掩膜尺寸只要变动 1nm 左右,抗蚀膜尺寸也将会变动 4nm。在这样的状况下,将难以稳定地形成抗蚀图形。并且,若以“Type2”的光掩膜使相对间隔的 CD 值为 80nm 时的掩膜图形的相对间隔 S 为 49nm。

[0085] 并且,如图 5(c) 所示,若以“Type3”的光掩膜,相对间隔的 CD 值为 160nm 时能够以 1 以下的 MEF 形成抗蚀图形,即使相对间隔的 CD 值缩小到 80nm 也能将 MEF 抑制在 3 以下。并且,若以“Type3”的光掩膜使相对间隔的 CD 值为 80nm,则掩膜图形的相对间隔 S 为 22nm,被配置在相对区域内的半遮光部 102 的宽度(相对方向的长度)为 39nm。并且,若以“Type3”的光掩膜相对间隔的 CD 值增加到 MEF4 以上时,为该 CD 值缩小到 60nm 左右时。这时,掩膜图形的相对间隔 S 为 18nm,被配置在相对区域内的半遮光部 102 的宽度(相对方向的长度)为 41nm。

[0086] 如以上说明,“Type3”的光掩膜、也就是本实施例的光掩膜,比起“Type2”的光掩膜,在实现微小尺寸的 CD 时能够抑制 MEF 的增加。具体来说,为了抑制 MEF 的增加稳定地形成抗蚀图形,在“Type2”的光掩膜只能将抗蚀图形的相对间隔的 CD 值缩小到 80nm 左右,但是,在“Type3”的光掩膜能将该 CD 值缩小到 60nm 左右。

[0087] 因此,在形成相对间隔小于 λ / NA (上述模拟的情况, λ / NA 值为 227nm)的图形时,以“Type3”、也就是本实施例的光掩膜结构,具体来说也就是在位于图形相对区域的透光部与各图形区域(本实施例为遮光部)之间相隔有半遮光部的结构,能够改善在抗蚀图形的相对间隔的 MEF。这个 MEF 改善效果,在形成相对间隔为 $0.5 \times \lambda / \text{NA}$ 以下的图形时,特别显著。但是,为了使作为在光掩膜中分离的图形区域的相对间隔发挥光学性效果,必须为 $0.02 \times \lambda / \text{NA}$ 以上的尺寸。

[0088] 以下,原理性地说明本实施例的 MEF 改善效果。抗蚀图形方角钝化的原因在于,对应的掩膜图形的角部中遮光部为透光部所围绕透射透光部绕进遮光部里侧的光成为过剩,也就是掩膜图形角部的遮光效果不够。

[0089] 相对地,如“Type2”的光掩膜,若在图形相对区域一侧的掩膜图形角部周边设置半遮光部,在该相对区域将会存在孤立的透光部。在这个状况中,通过扩大成为掩膜图形的遮光部来缩小孤立的透光部,则透射该透光部的光将会大幅减少。此能够考虑为在“Type2”的光掩膜中图形相对区域的 MEF 增加的原因。

[0090] 另一方面,若是如“Type3”的光掩膜、也就是本实施例的光掩膜,以半遮光部来围绕图形相对区域的透光部,通过扩大该半遮光部来缩小透光部,则伴随该透光部的减少量所造成的图形相对区域的透射光的减少量也将受到抑制。这是由于:半遮光部具有作为透光部的性质,扩大半遮光部缩小透光部的情况,比起扩大遮光部缩小透光部的情况,实质上能将透光部的缩小量抑制为一半左右。但是,是以透射半遮光部时曝光光的振幅减少 50%、也就是半遮光部对曝光光的透射率为 25%作为前提。

[0091] 换句话说,由于本实施例的 MEF 改善效果(降低效果),随着半遮光部对曝光光的透射率变高而增加。具体来说,上述模拟中使半遮光部的透射率为 15%,但是为了获得遮

光部对曝光光透射的效果（也就是随着半遮光部的配置能够抑制透光部实质缩小量的效果），至少使半遮光部的透射率为 5% 以上，最好是 10% 以上。

[0092] 并且，为了根据本实施例的光掩膜来抑制抗蚀图形的方角钝化，对半遮光部要求着将过剩的曝光光遮光的效果。为了实现这样的遮光效果，半遮光部的透射率即使最大最好是 30% 以下，更好是 20% 以下。

[0093] 因此，为了根据本实施例的光掩膜同时获得 MEF 降低效果和抗蚀图形方角钝化的抑制效果，半遮光部的透射率最好是 5% 以上并且为 30% 以下，为了特别充分获得两项效果，最好是半遮光部的透射率为 10% 以上并且为 20% 以下。

[0094] 但是，到目前为止所说明的例子为：设于图形相对区域的透光部其在与图形相对方向垂直的方向的宽度，与各矩形图形（一组遮光部）在该垂直方向延伸的边长（200nm）是一致的，但是本实施例并不受到这个限定。

[0095] 图 6(a) 及 (b)，示出图 4(a) 所示“Type3”的光掩膜、也就是本实施例的光掩膜平面结构的变形图。图 6(a) 及 (b) 所示光掩膜与图 4(a) 所示“Type3”的光掩膜的不同点，在于：设于图形相对区域的透光部其在与图形相对方向垂直的方向的宽度，不同于各矩形图形（一组遮光部）在该垂直方向延伸的边长。并且，图 6(a) 及 (b) 中，在图形相对方向扩大示出图形相对区域及其周边。

[0096] 具体来说，图 6(a) 及 (b) 所示光掩膜中，与图 4(a) 所示“Type3”的光掩膜相同，设有距离 100nm 而相对的一组矩形图形（遮光部 101）作为掩膜图形。这里，在图 6(a) 所示光掩膜的图形相对区域配置有第一透光部 104A，其图形相对方向的长度为 S、与图形相对方向垂直的方向的宽度 R 为 240nm。并且，在图 6(b) 所示光掩膜的图形相对区域配置有第一透光部 104A，其图形相对方向的长度为 S，与图形相对方向垂直的方向的宽度 R 为 140nm。并且，在图 6(a) 及 (b) 所示光掩膜的图形相对区域及其周边配置有半遮光部 102，使其围绕第一透光部 104A。并且，半遮光部 102 中分别被配置于图形相对区域的上侧区域和下侧区域的部分的尺寸为 300nm×100nm。

[0097] 图 6(c) 是示出根据模拟求得使用图 6(a) 及 (b) 所示光掩膜形成的抗蚀图形的相对间隔的 CD 值的 MEF 结果图。如图 6(c) 所示，若按照图 6(a) 所示光掩膜（图形相对区域配置有宽度 R 为 240nm 的透光部 104A），相对间隔的 CD 值为 80nm 时 MEF 为 3 左右，与“Type3”的光掩膜（图 4(a) 所示光掩膜（图形相对区域配置有宽度 R 为 200nm 的透光部 104A））为相同程度。并且，如图 6(c) 所示，若按照图 6(b) 所示光掩膜（图形相对区域配置有宽度 R 为 140nm 的透光部 104A），相对间隔的 CD 值为 80nm 时，MEF 为 2.5 左右，与“Type3”的光掩膜相比，MEF 更进一步地降低。

[0098] 如以上说明地，在本实施例，为了即使在缩小抗蚀图形的相对间隔 CD 值时也能够稳定形成抗蚀图形，以半遮光部围绕图形相对区域的透光部，并且使该透光部其在与图形相对方向垂直的方向的宽度、小于各矩形图形（遮光部）在垂直方向延伸的边长（也就是相对宽度）。

[0099] 本实施例中，由于使图形相对区域所设的半遮光部配置为围绕掩膜图形的周缘部（也就是各图形区域的遮光部的周缘部），因此，能够容易实施用来调整包含相对区域附近尺寸的抗蚀图形尺寸的光学接近修正。换句话说，能够通过改变半遮光部的形状来实施调整在相对区域附近以外区域被形成的抗蚀图形尺寸。因此，通过将半遮光部配置为围绕掩

膜图形的周缘部,将没有必要为了进行抗蚀图形尺寸的修正而同时调整遮光部的尺寸和半遮光部的尺寸,将容易实施光学接近修正。

[0100] 并且,在上述模拟中所使用的“Type3”的光掩膜(本实施例的光掩膜),将在图形相对区域周边所设的半遮光部的图形相对方向尺寸(长度)设定成相同于由遮光部构成的图形区域的相对间隔。并且,在本实施例的光掩膜中为了降低MEF,只要使得图形相对区域的透光部、和构成各图形区域的遮光部之间相隔有半遮光部就可以,在图形相对区域周边的半遮光部其在图形相对方向的尺寸,可以长于图形区域的相对间隔,也可以短于图形区域的相对间隔。但是,为了防止抗蚀图形的方角钝化,在图形相对区域及其周边配置的半遮光部其在与图形相对方向垂直方向的尺寸(宽度),最好是大于由遮光部构成的图形区域在该垂直方向的尺寸(相对宽度)。换句话说,半遮光部不仅被配置在图形相对区域内,最好是也配置在其外侧(周边)。

[0101] 以下,参照图7(a)~(c)说明有关上述图形相对区域的尺寸、和半遮光部及透光部的各外形尺寸的关系。这里,图7(a)~(c)是示出本实施例的光掩膜平面结构的变形图。

[0102] 在图7(a)~(c)所示光掩膜中,设有以相对间隔 T 互相接近的一组矩形图形(遮光部101)作为掩膜图形。这里,各遮光部101其在与图形相对方向垂直方向的尺寸为(宽度) H 。但是,如图7(c)所示光掩膜中,构成一方的矩形图形的遮光部101其与图形相对方向垂直方向的尺寸(宽度)被设定成大于 H 。并且,在图7(a)~(c)所示光掩膜中,在图形相对区域及其周边设置有半遮光部102。这里,半遮光部102外形形状其在图形相对方向的尺寸为 V ,在当该外形形状与图形相对方向垂直方向的尺寸为 U 。但是,尺寸 V ,规定了有关半遮光部102中被配置在图形相对区域周边的部分。并且,在位于图形相对区域的半遮光部102内部,设有第一透光部104A,其在与图形相对方向垂直方向的尺寸为 R 。

[0103] 并且,有关半遮光部102的外形形状其在与图形相对方向的尺寸 V ,如图7(a)所示,可以长于由遮光部101构成的矩形图形的相对间隔 T ,或是,如图7(b)所示,也可以短于相对间隔 T 。并且,如图7(c)所示,互相接近相对的矩形图形(遮光部101)的各尺寸不同时,通过与图形相对方向垂直的方向的尺寸较短的矩形图形中其该垂直方向的尺寸,来规定相对宽度(图形相对区域的宽度)。换句话说,图7(a)~(c)所示光掩膜中相对宽度为 H 。

[0104] 并且,本实施例中,如图7(a)~(c)所示各光掩膜,在第一透光部104A的与图形相对方向垂直的方向的尺寸 R 最好是小于相对宽度 H 。但是,为了使第一透光部104A产生光学性效果,尺寸 R 最好是 $0.02 \times \lambda / NA$ 以上。并且,在半遮光部102外形形状的与图形相对方向垂直的方向的尺寸 U 最好是大于相对宽度 H 。但是,尺寸 U 若大于 λ / NA 以上,则能够充分地获得半遮光部102带来的效果,因此,只要尺寸 U 为 λ / NA 左右,使尺寸 U 大于其以上也没有特别的意义。

[0105] 并且,本实施例中,在图形相对区域所设的半遮光部102不一定必须与由遮光部101构成的矩形图形接触,如图8(a)所示,在半遮光部102和遮光部101之间,可以通过相隔有其尺寸不会对光掩膜所形成的光学像带来影响程度的透光部,来隔离半遮光部102和遮光部101。这里,与本实施例的光掩膜相同的,从遮光部101来看隔着半遮光部102而分离的位置必须设置有第一透光部104A。并且,在半遮光膜上层积有遮光膜层积的本实施例的光掩膜结构中,将半遮光部102设置与遮光部101接触,将使得光掩膜加工变得容易。

[0106] 并且,本实施例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定必须完全围绕第一透光部 104A,如图 8(b) 所示,也可以配置其尺寸不会对以光掩膜形成的光学像带来影响程度的透光部,使其分割半遮光部 102。

[0107] 并且,本实施例中,如图 8(c) 所示,也可以使用组合了图 8(a) 所示光掩膜结构和图 8(b) 所示光掩膜结构的光掩膜结构。

[0108] 进一步地,如图 9 所示,在与图形相对方向垂直的方向排列多个如图 1(a) 所示本实施例的掩膜图形(一组遮光部 101)时,换句话说,使图形相对区域互相在垂直方向邻接时,也可以使得各图形相对区域周边所设的半遮光部 102 互相连接。换句话说,对于由一组遮光部 101 各自构成的各掩膜图形,可以连续性地设置半遮光部 102。

[0109] (第一实施例的第一变形例)

[0110] 以下,参照附图来说明本发明第一实施例的第一变形例的光掩膜。

[0111] 图 10(a) 是表示所要的抗蚀图形形状图,图 10(b) 是第一实施例第一变形例的光掩膜平面图。并且,图 10(b) 中,透射性基板示出为斜视图。

[0112] 如图 10(a) 所示,所要图形为互相接近相对的一组矩形的抗蚀图形 200。

[0113] 如图 10(b) 所示,本变形例的光掩膜中,在透射性基板 100 上充分宽广的区域设有透光部 104(第二透光部 104B)。并且,在与根据曝光想要在晶片上形成的抗蚀图形(所要图形)200 对应的透射性基板 100 的位置上,设有由互相接近相对的一组矩形移相器部 103 构成的掩膜图形。换句话说,本变形例与第一实施例的不同点,在于:掩膜图形并非由遮光部而是以移相器部 103 构成。并且,本变形例中,与第一实施例同样的,与抗蚀图形 200 对应的该掩膜图形,具有互相接近相对的一组图形区域(一组移相器部 103)。并且,作为本变形例的特征,位于上述一组图形区域之间的区域(图形相对区域)105 的第一透光部 104A、和各图形区域(也就是各移相器部 103)之间相隔有半遮光部 102。换句话说,相对区域 105 中,在从各图形区域、也就是各移相器部 103 隔着半遮光部 102 而分离的位置,设有第一透光部 104A。并且,本变形例中,在含图形相对区域 105 一侧角部的各移相器部 103(也就是各图形区域)的角部周边也配置有半遮光部 102。

[0114] 按照以上说明的本变形例的光掩膜结构,即使取代遮光部使用移相器部作为掩膜图形时,在图形相对区域中,除了能够降低 MEF,同时,也能够抑制被形成的抗蚀图形方角钝化及伴随的端部后退。譬如将本变形例光掩膜适用在形成具有多个晶体管邻接的电路设计的图形时,将能够缩小栅极层图形的相对区域、以及缩小该相对区域的栅极突出量,而能够高密度地配置晶体管实现 LSI 集成化。

[0115] 并且,本变形例中,与第一实施例同样的,半遮光部 102 被配置为围绕图形相对区域 105 的第一透光部 104A。这样的结构,特别是在抗蚀图形间的空间尺寸变得微细时为理想结构。

[0116] 并且,在本变形例中,与第一实施例同样的,半遮光部 102 被配置为围绕掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部 103 的周缘部)。根据这样的结构,在掩膜图形作成中将能够容易进行光学接近修正(OPC)。

[0117] 并且,本变形例中,半遮光部 102 的定义与第一实施例相同。并且,移相器部 103 使光透射,但是,透射移相器部 103 的光、和透射透光部 104A 及 104B 的光为反相位的关系(具体来说,两者的相位差成为 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下的关系(n 为整

数))。但是,本变形例中,作为取代遮光部所使用的移相器部 103,设想为低透射率的移相器部。一般来说,若取代遮光部使用移相器部作为掩膜图形,将提高细微图形的分辨率。并且,所谓低透射率的移相器部,意味着:即使在增加该移相器部的宽度时与该移相器部中心对应的抗蚀剂也不会感光,具体的透射率即使高时也为 15%,而最好是 9%以下。

[0118] 图 10(c) 是示出对图 10(b) 平面图所示光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说,图 10(c) 是示出与图 10(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面结构。如图 10(c) 所示,本变形例中,作为透射性基板的一例使用石英基板 110,透光部 104A 和 104B 是石英基板 110 的曝光区域。半遮光部 102,譬如石英基板 110 上沉积由 Mo 构成的金属薄膜 112 来作为半遮光膜加以形成。作为金属薄膜 112 的构成材料,除了 Mo 以外还能譬如使用 Ta 等。具体来说,以厚度 10 ~ 30nm 左右的金属薄膜 112,能够对波长 193nm 的光实现 5 ~ 50%左右的透射率。移相器部 103,只要是通过在金属薄膜 112 将使曝光光透射的透射 SiO₂ 膜 113 等进一步层积为使该曝光光的相位反转在厚度(SiO₂ 膜时大约 180nm) 来作为移相膜加以形成就可以。

[0119] 以下,按照模拟结果说明如上述所构成的本变形例的光掩膜,与第一实施例相同的,发挥在晶片上形成图形时良好的图形形成特性、具体来说也就是发挥 MEF 降低效果和抑制抗蚀图形方角钝化的效果。并且,模拟中的光学计算曝光条件为,曝光波长 λ 为 193nm,数值孔径 NA 为 0.85。并且,作为照明条件,采用外径干涉度为 0.8,内径干涉度为 0.53 的 2/3 环状照明。并且,半遮光部对曝光光的透射率为 15%,移相器部对曝光光的透射率为 6%。

[0120] 并且,如果使用移相器部作为宽度充分宽广(具体来说宽度大于 λ/NA) 的掩膜图形时,该移相器部对曝光光的透射率最好是低于 9%。相对地,如本变形例般,使用在半遮光膜上层积使曝光光的相位反转的移相膜的光掩膜构造时,由于能够容易形成具有低于半遮光部的透射率的移相器部,因此,能够容易形成具有低于上述 9%的透射率的移相器部。但是,为了获得作为成为掩膜图形的移相器部的明显效果,该移相器部对曝光光的透射率最好是至少 3%以上。

[0121] 图 11(a) (b)、图 12(a) (b)、和图 13(a) (b),是用来说明以本变形例的光掩膜将能够抑制抗蚀图形的方角钝化。并且,图 11(a) (b)、图 12(a) (b)、和图 13(a) (b) 中,在图形相对方向扩大的示出图形相对区域及其周边部。

[0122] 首先,图 11(a) 是示出只以移相器部构成的比较例的光掩膜平面结构。具体来说,图 11(a) 所示光掩膜中,设有互相接近相对的一组矩形图形(移相器部 103) 作为掩膜图形。这里,各矩形图形的尺寸是 600nm \times 200nm,在矩形图形之间隔(相对间隔)、也就是矩形图形的相对方向的相对区域长度(相对长度)为 S。并且,图 11(a) 所示光掩膜中,配置有各矩形图形,使得在与矩形图形的相对方向垂直方向的相对区域的宽度(相对宽度)、根据各矩形图形的 200nm 的长度的边受到规定。换句话说,图 11(a) 所示光掩膜,具有如下结构:将图 2(a) 所示光掩膜的遮光部 101 置换为移相器部 103 的结构,而其他结构与图 2(a) 所示光掩膜相同。以下,称图 11(a) 所示光掩膜为“Type1”。

[0123] 图 11(b) 是示出将形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果,该一组抗蚀图形是被形成为,对图 11(a) 所示光掩膜进行曝光而使得相对间隔的关键尺寸(CD 值)成为 80nm。从图 11(b) 所示模拟结果可以得知,在以图 11(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119,方角钝化的结果,使得相对间隔的 CD 值成为 80nm 只有在变圆的线端部先端。换句话说,在各

抗蚀图形 119 的相对间隔 CD 值成为 80nm 位置附近无法充分确保图形宽度。

[0124] 图 12(a) 是示出光掩膜的平面结构图,该光掩膜对图 11(a) 所示光掩膜在矩形图形(移相器部 103)的相对区域周边(具体来说,相对区域的上侧区域及下侧区域)设置尺寸 $300\text{nm} \times 100\text{nm}$ 的半遮光部 102。并且,图 12(a) 所示光掩膜中,设有半遮光部 102 使得其与各矩形图形重叠。这里,各矩形图形(移相器部 103)与半遮光部 102 的重叠宽度,成为 $(100\text{nm} - S_{\text{nm}}) / 2$ 。换句话说,图 12(a) 所示光掩膜具有以下结构:将图 3(a) 所示光掩膜的遮光部 101 置换为移相器部 103 的结构,其他结构则与图 3(a) 所示光掩膜相同。以下,称图 12(a) 所示光掩膜为“Type2”。

[0125] 图 12(b) 是示出形成一组抗蚀图形的情况加以模拟的结果,该一组抗蚀图形是对图 12(a) 所示光掩膜进行曝光而使得相对间隔的关键尺寸(CD 值)成为 80nm。从图 12(b) 所示模拟结果可以得知,以图 12(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 的方角钝化受到抑制,其结果,即使在各抗蚀图形 119 的相对间隔 CD 值 80nm 的位置附近也确保了图形宽度。

[0126] 图 13(a) 是示出光掩膜的平面结构,该光掩膜是对图 12(a) 所示光掩膜,在各矩形图形(移相器部 103)和相对区域内的第一透光部 104A 之间更进一步设置半遮光部 102。换句话说,13(a) 所示光掩膜具有如下结构:将图 4(a) 所示光掩膜的遮光部 101 置换为移相器部 103,其他结构则与图 4(a) 所示光掩膜相同。以下,称图 13(a) 所示光掩膜“Type3”。并且,“Type3”的光掩膜,将图 12(a) 所示光掩膜的矩形图形(移相器部 103)的一部分(相对区域的附近部分)置换为半遮光部 102,而相对间隔 S 意味着在相对区域中除去半遮光部 102 的部分(也就是透光部 104A)的相对方向的长度。这里,位于各矩形图形(移相器部 103)和相对区域内的第一透光部 104A 之间的半遮光部 102 宽度,成为 $(100\text{nm} - S_{\text{nm}}) / 2$ 。

[0127] 图 13(b) 是示出对图 13(a) 所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图形使其相对间隔的关键尺寸(CD 值)成为 80nm 的情况加以模拟的结果。从图 13(b) 所示模拟结果可以得知,与图 12(b) 所示“Type2”的模拟结果同样,在以图 13(a) 所示“Type3”光掩膜、也就是本变形例的光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 中方角钝化也受到抑制,其结果,在各抗蚀图形 119 的相对间隔 CD 值 80nm 的位置附近也确保了图形宽度。

[0128] 图 14 是示出根据模拟求得分别使用“Type2”及“Type3”的各光掩膜透过曝光形成的抗蚀图形的相对间隔 CD 值的 MEF 的比较结果图。

[0129] 如图 14 所示,以“Type2”光掩膜,虽然在相对间隔 CD 值为 160nm 时能够以 1 左右的 MEF 形成抗蚀图形,但是,若相对间隔的 CD 值缩小到 80nm 缩小则 MEF 增加到 5 左右,若比较使用遮光部作为掩膜图形的情况(参照图 5(a)),则 MEF 进一步恶化。并且,如果以“Type2”的光掩膜使相对间隔 CD 值为 80nm 时的掩膜图形的相对间隔 S 为 68nm。

[0130] 一般来说,若使用移相器部作为掩膜图形,在形成细微线图形时虽然有利,但是若按照图 14 所示“Type2”的光掩膜结果,可以得知若使用移相器部作为掩膜图形,对图形相对区域的微细化反而变得不利。

[0131] 并且,如图 14 所示,若以“Type3”的光掩膜在相对间隔的 CD 值为 160nm 时能够以 1 以下的 MEF 形成抗蚀图形,即使在相对间隔的 CD 值缩小到 80nm 时也能够将 MEF 抑制在 3 左右。换句话说,能够将相对间隔 CD 值缩小到 80nm 时的 MEF 抑制为与使用遮光部作为掩膜图形(参照图 5(a))为相同程度。并且,以“Type3”的光掩膜使相对间隔的 CD 值为 80nm,

掩膜图形的相对间隔 S 为 42nm, 被配置在相对区域内的半遮光部 102 的宽度 (相对方向长度) 为 29nm。并且, 以“Type3”的光掩膜使相对间隔 CD 值的 MEF 增加到 4 以上, 是在该 CD 值缩小到 64nm 左右时。这时, 掩膜图形的相对间隔 S 为 36nm, 相对区域内被配置的半遮光部 102 的宽度 (相对方向长度) 为 32nm。

[0132] 如以上说明, 根据“Type3”的光掩膜、也就是本变形例的光掩膜, 比起“Type2”的光掩膜, 能够抑制实行细微尺寸 CD 时的 MEF 增加。具体来说, 为了抑制 MEF 的增加稳定形成抗蚀图形, “Type2”的光掩膜只能使抗蚀图形的相对间隔的 CD 值缩小到 90nm 左右, 而“Type3”的光掩膜却能将该 CD 值缩小到 60nm 左右附近。

[0133] 因此, 在形成相对间隔小于 λ/NA (上述模拟中, λ/NA 的值为 227nm) 的图形时, 以“Type3”、也就是本变形例的光掩膜结构, 具体来说, 在位于图形相对区域的透光部和各图形区域 (本变形例为移相器部) 之间相隔有半遮光部的结构, 能够改善在抗蚀图形的相对间隔的 MEF 。这个 MEF 改善效果, 在形成相对间隔为 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下的图形时特别被明显发挥。但是, 为了在光掩膜上分离的图形区域的相对间隔发挥光学性效果, 需要尺寸为 $0.02 \times \lambda/NA$ 以上。

[0134] 以下, 原理性说明根据本变形例的 MEF 改善效果。抗蚀图形的方角钝化原因在于: 对应的掩膜图形角部中移相器部为透光部围绕使得透射透光部绕进移相器部里侧的光变得过剩, 换句话说, 掩膜图形的角部遮光效果不够充分。

[0135] 在这里, 如“Type2”的光掩膜, 若在图形相对区域一侧的掩膜图形角部周边设置半遮光部, 则在该相对区域会存在有孤立的透光部。在这个状况中, 若通过扩大成为掩膜图形的移相器部来缩小孤立的透光部, 则透射该透光部的光将大幅减少。这里, 移相器部不仅具有将光部分地遮光的性质, 也具有解消透射透光部的光的作用。因此, 与使用遮光部作为掩膜图形相比, 透射同样大小的透光部的光将会进一步大幅减少。此能够考虑为在“Type2”的光掩膜中图形相对区域的 MEF 增加的原因。

[0136] 另一方面, 如“Type3”的光掩膜、也就是本变形例的光掩膜, 使得在图形相对区域的透光部、和成为掩膜图形的移相器部之间事先相隔有半遮光部, 即使以移相器部构成掩膜图形, 也能够与第一实施例相同的, 通过扩大半遮光部来缩小透光部, 由此能够抑制随着该透光部的减少量的图形相对区域的透射光减少量。

[0137] 换句话说, 本变形例的 MEF 改善效果 (降低效果), 在掩膜图形为移相器部结构时特别显著地受到发挥。

[0138] 并且, 为了以本变形例的光掩膜同时获得 MEF 降低效果和抗蚀图形方角钝化的抑制效果, 与第一实施例相同的, 最好是使半遮光部的透射率为 5% 以上并且为 30% 以下, 为了特别充分获得两效果, 最好是使半遮光部的透射率为 10% 以上并且为 20% 以下。

[0139] 并且, 在本变形例中, 为了即使在缩小抗蚀图形的相对间隔 CD 值时也能够稳定形成抗蚀图形, 与第一实施例相同的, 以半遮光部围绕图形相对区域的透光部, 并且使该透光部在与图形相对方向垂直的方向的宽度小于各矩形图形 (移相器部) 延伸于该垂直方向的边长 (也就是相对宽度)。

[0140] 本变形例中, 与第一实施例同样的, 由于将图形相对区域所设的半遮光部配置为围绕掩膜图形的周缘部 (也就是成为各图形区域的移相器部的周缘部), 因此, 将容易实施用来调整包含相对区域附近尺寸的抗蚀图形尺寸的光学接近修正。

[0141] 并且,本变形例中,与第一实施例相同的,在图形相对区域周边的半遮光部在图形相对方向的尺寸,可以长于图形区域的相对间隔,也可以短于图形区域的相对间隔。但是,为了防止抗蚀图形的方角钝化,在图形相对区域及其周边被配置的半遮光部在与图形相对方向垂直方向的尺寸(宽度),最好是大于由移相器部构成的图形区域在该垂直方向的尺寸(相对宽度)(也就是半遮光部不只配置于图形相对区域内也被配置在其外侧(周边)),此与第一实施例同样。

[0142] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定必须与由移相器部 103 构成的矩形图形接触,在半遮光部 102 和移相器部 103 之间,也可以通过相隔有其尺寸不会对以光掩膜形成的光学像带来影响程度的透光部,来隔离半遮光部 102 和移相器部 103。

[0143] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定必须完全围绕第一透光部 104A,也可以配置其尺寸对以光掩膜形成的光学像不带来影响程度的透光部,使透光部分割半遮光部 102。

[0144] 进一步地,譬如将图 10(a) 所示本变形例的掩膜图形(一组移相器部 103)在与图形相对方向垂直的方向加以多个排列时,换句话说,使得图形相对区域互相在垂直方向邻接时,各图形相对区域周边所设的半遮光部 102 可以互相连接。换句话说,对于以一组移相器部 103 各自被构成的各掩膜图形,可以连续性地设置半遮光部 102。

[0145] 并且,上述模拟中使半遮光部的透射率为 15%,但是,为了对移相器部获得使透射半遮光部的曝光光的效果(也就是能够抑制半遮光部的配置所带来的透光部的实质缩小量的效果),对第一实施例相同的,使半遮光部的透射率最好是至少 5% 以上,最好是 10% 以上。并且,为了以本变形例的光掩膜来抑制抗蚀图形的方角钝化,虽然对半遮光部要求着过剩的曝光光遮光的效果,但是,因此,与第一实施例相同的,最好是半遮光部的透射率最高也为 30% 以下,理想的是 20% 以下。

[0146] 然而,到目前为止,在本变形例的光掩膜,虽然说明了互相相对的一组图形区域均为移相器部,但是取而代之的,譬如如图 15 所示,互相相对的一组图形区域的其中一方为移相器部 103,另一方为遮光部 101。并且,在图 15 所示光掩膜,位于图形相对区域的第一透光部 104A 和各图形区域(也就是移相器部 103 及遮光部 101 其各自)之间也相隔有半遮光部 102。换句话说,在图形相对区域,在从成为各图形区域的移相器部 103 及遮光部 101 相隔半遮光部 102 而分离的位置设有第一透光部 104A。并且,在含图形相对区域一侧角部的移相器部 103 及遮光部 101 的各角部周边也配置有半遮光部 102。

[0147] 图 16(a) 及 (b) 示出图 15 平面图所示的光掩膜剖面结构的变形。具体来说,图 16(a) 及 (b) 是示出与图 15 所示线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构。

[0148] 首先,图 16(a) 所示光掩膜中,在譬如由石英透射性基板 150 上,形成有半透明的半遮光膜 151,该半透明的半遮光膜 151 是在透光部 104A 和 104B 之间对曝光光产生同相位的相位差(也就是 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)相位差)。以下,产生同相位的相位差意味着产生 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下的(n 为整数)相位差。作为这一类半遮光膜 151 的一个例子,能够使用使前述 n 为 0(也就是产生 -30 度以上并且 30 度以下的相位差)的金属薄膜。这里,透光部 104A 和 104B 是透射性基板 150 的曝光区域,半遮光部 102 是透射性基板 150 上被沉积的半遮光膜 151 的曝光区

域。并且,在半遮光膜 151 上形成有移相膜 152,该移相膜 152 是在透光部 104A 和 104B 之间对曝光光产生反相位的相位差(也就是 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的相位差)。作为移相膜 152 材料,譬如能使用作为主要成分的透明玻璃材料 SiO_2 。以下,产生反相位的相位差意味着产生 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的相位差。这里,移相器部 103 是半遮光膜 151 上被沉积的移相膜 152 的曝光区域。并且,遮光部 101 是在移相膜 152 上通过进一步层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 153 而形成。

[0149] 如以上所说明,根据图 16(a) 所示的光掩膜结构,通过准备依序层积有半遮光膜 151、移相膜 152 和遮光膜 153 的透射性基板 150 而选择性分别除去遮光膜 153、移相膜 152 及半遮光膜 151,能够形成由透光部 104A 和 104B、遮光部 101、半遮光部 102、移相器部 103 构成的任意的掩膜设计。特别是,使用金属薄膜作为半遮光膜 151 时,由于提高了半遮光膜 151 的加工精度,因此,也提高了被配置在成为掩膜图形的遮光部 101 或移相器部 103 周边的半遮光部 102 的加工精度。

[0150] 接着,图 16(b) 所示光掩膜中,在譬如由石英构成的透射性基板 150 上形成有半透明的第一移相膜 154,该第一移相膜 154 在透射性基板 150(未被下挖的部分)之间对曝光光产生反相位的相位差。作为第一移相膜 154 的材料,能够使用譬如氧化钼与金属的化合物(MoSiO_2 等)。这里,透光部 104A 和 104B 为,第一移相膜 154 被除去并且使位于该除去位置的透射性基板 150 被下挖对曝光光产生反相位的相位差的厚度的区域。并且,在第一移相膜 154 上层积有第二移相膜 152(与图 16(a) 所示光掩膜的移相膜 152 相同),在与透射性基板 150(未被下挖的部分)之间对曝光光产生反相位的相位差。这里,半遮光部 102 是在透射性基板 150 上被沉积的第一移相膜 154 的曝光区域,移相器部 103 是第一移相膜 154 上被沉积的第二移相膜 152 的曝光区域。进一步地,通过在第二移相膜 152 上进一步层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 153 而形成遮光部 101。

[0151] 若根据以上所说明的图 16(b) 所示的光掩膜结构,能够通过移相膜的形成及加工来分别独立地控制各部分之间的相位差,因此,能够正确地控制各部分之间的相位差。

[0152] 并且,在图 16(a) 及 (b) 的各自所示光掩膜中,虽然将半遮光膜 151、以及移相膜 152 和 154 等作为单层膜加以处理,这些膜分别地也可以作为多层膜加以构成,这是不用多说的。

[0153] (第一实施例的第二变形例)

[0154] 以下,参照附图说明有关本发明第一实施例第二变形例的光掩膜。

[0155] 图 17(a) 是示出所要抗蚀图形的形状图,图 17(b) 是第一实施例第二变形例的光掩膜平面图。并且,图 17(b) 中,透射性基板为斜视图性地示出。

[0156] 如图 17(a) 所示,所要图形为互相接近相对的一组矩形的抗蚀图形 200。

[0157] 如图 17(b) 所示,本变形例的光掩膜中,在透射性基板 100 上充分宽广区域设有透光部 104(第二透光部 104B)。并且,在与与曝光在晶片上所要形成的抗蚀图形(所要图形)200 对应位置的透射性基板 100 上,设有互相接近相对的一组矩形的、由移相器部 103 构成的掩膜图形。换句话说,本变形例中,与第一实施例第一变形例相同的,掩膜图形并不是以遮光部而是以移相器部 103 构成。并且,本变形例中,与第一实施例第一变形例相同的,与抗蚀图形 200 对应的该掩膜图形,具有互相接近相对的一组图形区域(一组移相器

部 103)。并且,作为本变形例的特征,在位于上述一组图形区域之间的区域(图形相对区域)105 的第一透光部 104A、和各图形区域(也就是各移相器部 103)之间,相隔有半遮光部 102。换句话说,在相对区域 105 中,在从作为各图形区域的各移相器部 103 隔着半遮光部 102 分离的位置设有第一透光部 104A。并且,本变形例中,在包含图形相对区域 105 一侧角部的各移相器部 103(也就是各图形区域)的角部周边也配置有半遮光部 102。

[0158] 若按照以上所说明的本变形例的光掩膜结构,即使是在使用移相器部取代遮光部作为掩膜图形的情况,能够在图形相对区域降低 MEF,同时,能够抑制被形成的抗蚀图形的方角钝化及抑制其所造成的端部后退。因此,譬如在形成多个晶体管邻接的电路设计图形时适用本变形例的光掩膜的情况,将能够缩小栅极层图形的相对区域、以及缩小该相对区域的栅极突出量,而能够高密度地配置晶体管实现 LSI 的集成化。

[0159] 并且,本变形例中,与第一实施例同样的,使半遮光部 102 配置为围绕图形相对区域 105 的第一透光部 104A。这样的结构,特别是在抗蚀图形间的空间尺寸变得微细时为理想的结构。

[0160] 并且,本变形例中,与第一实施例同样的,使半遮光部 102 被配置为围绕掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部 103 的周缘部)。根据这样的结构,在掩膜图形作成中能够容易实施光学接近修正(OPC)。

[0161] 并且,本变形例中,半遮光部 102 的定义与第一实施例相同。并且,移相器部 103 虽然使光透射,透射移相器部 103 的光、与透射透光部 104A 和 104B 的光为反相位的关系(具体来说两者相位差成为 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的关系)。

[0162] 并且,第一实施例的第一变形例中,虽然假设了低透射率的移相器部来作为取代遮光部使用的移相器部 103,不过,本变形例中,设定高透射率的移相器部来作为该移相器部 103。换句话说,由于第一实施例的第一变形例中,通过在半遮光膜上层积移相膜来形成移相器部 103,因此,结构上,移相器部 103 的透射率必须低于上述半遮光膜的透射率。相对地,本变形例中,如后述般,能够使移相器部 103 的透射率高于上述半遮光膜的透射率。并且,低透射率的移相器部意味着:即使在提高该移相器部宽度的情况下与该移相器部中心对应的抗蚀剂也不会感光,具体来说透射率即使高最好是 15%,理想的为 9% 以下。并且,高透射率的移相器部意味着,在提高该移相器部宽度时与该移相器部中心对应的抗蚀剂将被感光,具体来说透射率最好是至少 15% 以上,理想的为 25% 以上。

[0163] 并且,本变形例中,以所形成的抗蚀图形为具有 λ/NA 一半以下线宽的细微线图形的情况为对象,使用高透射率的移相器部 103。在形成具有 λ/NA 一半以下线宽的细微线图形的时,在抗蚀图形形状上作为方角钝化所呈现的问题现象,作为线端部先端变细现象或线端部之后退现象显著地呈现。

[0164] 图 17(c) 是示出图 17(b) 平面图所示光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说,图 17(c) 是示出与图 17(b) 所示线段 AB 对应部分的剖面结构。如图 17(c) 所示,本变形例中,作为透射性基板的一个例子使用石英基板 110,透光部 104A 和 104B 为石英基板 110 的曝光区域。半遮光部 102,通过譬如石英基板 110 上沉积由 Mo 构成的金属薄膜 112 作为半遮光膜而被形成。作为金属薄膜 112 的构成材料,除了 Mo 以外能够譬如使用 Ta 等。具体来说,以厚度 10 ~ 30nm 左右的金属薄膜 112,能够对波长 193nm 的光实现 5 ~ 50% 左右的透射

率。移相器部 103,通过在成为半遮光部 102 的金属薄膜(半遮光膜)112 设置开口部、并且将位于该开口部的石英基板 110 下挖使曝光光的相位反转的厚度而形成。换句话说,移相器部 103 作为石英基板 110 下挖部 115 而被形成。根据这样的结构,以具有与透射性基板相同透射率的材料来形成移相器部 103,因此,将能够以极高透射率的移相器部 103 来实现本变形例的光掩膜。

[0165] 以下,按照模拟结果说明如上述般构成的本变形例的光掩膜、与第一实施例相同的、在晶片上形成图形时发挥良好的图形形成特性,具体来说为 MEF 降低效果和抗蚀图形方角钝化的抑制效果(特别是线端部的先端变细的抑制效果)。并且,模拟中的光学计算曝光条件为,曝光波长 λ 为 193nm,数值孔径 NA 为 0.85。并且,作为照明条件,采用外径干涉度 0.8、内径干涉度 0.53 的 2/3 环状照明。并且,半遮光部对曝光光的透射率是 15%,移相器部对曝光光的透射率是 100%。

[0166] 并且,在形成具有分辨率限界的尺寸、也就是 $0.4 \times \lambda / \text{NA}$ 以下尺寸的细微线图形时使用移相器部作为掩膜图形时,该移相器部对曝光光的透射率愈高愈好,理想地最好为 100%的透射率。在这里,如本变形例般,使用在半遮光膜内部设置开口部、在该开口部区域设置移相器部的掩膜结构时,能够容易形成透射率高于半遮光部的移相器部。并且,如第一实施例所述,半遮光部的透射率最好是 30%以下,因此,本变形例的光掩膜结构是为通过在成为半遮光部的半遮光膜内部设置开口部能够容易实现具有高于 30%的透射率的移相器部,因此对于形成细微线图形为理想的结构。

[0167] 图 18(a)(b)、图 19(a)(b)、和图 20(a)(b),是用来说明以本变形例的光掩膜能够抑制抗蚀图形的线端部先端变细。并且,图 18(a)(b)、图 19(a)(b)、和图 20(a)(b)中,在图形相对方向扩大示出图形相对区域及其周边部。

[0168] 首先,图 18(a)是示出只以移相器部构成的比较例的光掩膜平面结构。具体来说,图 18(a)所示光掩膜中,设有互相接近相对的一组矩形图形(移相器部 103)作为掩膜图形。这里,各矩形图形的尺寸是 $600\text{nm} \times 75\text{nm}$,在矩形图形之间隔(相对间隔)、也就是矩形图形的相对方向的相对区域的长度(相对长)为 S 。并且,如图 18(a)所示光掩膜中,配置有各矩形图形,以使得在与矩形图形的相对方向垂直方向的相对区域的宽度(相对宽度)、根据各矩形图形的 75nm 的长度的边受到规定。以下,称图 18(a)所示光掩膜为“Type1”。

[0169] 图 18(b)是示出对图 18(a)所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图形、使其相对间隔的关键尺寸(CD 值)为 66nm 的情况加以模拟的结果。从图 18(b)所示模拟结果可以得知,在以图 18(a)所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 中线端部先端变细的结果,相对间隔的 CD 值成为 66nm 的只有先端变细的线端部先端。换句话说,在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值成为 66nm 的位置附近不能充分确保图形宽度。

[0170] 图 19(a)是示出对图 18(a)所示光掩膜、在矩形图形(移相器部 103)的相对区域周边(具体为相对区域上侧区域及下侧区域)设置尺寸 $300\text{nm} \times 100\text{nm}$ 的半遮光部 102 的光掩膜平面结构。并且,图 19(a)所示光掩膜中,设有半遮光部 102 使其与矩形图形重叠。这里,各矩形图形(移相器部 103)与半遮光部 102 的重叠宽度成为 $(100\text{nm} - S\text{nm})/2$ 。以下,将图 19(a)所示光掩膜称为“Type2”。

[0171] 图 19(b)是示出对图 19(a)所示光掩膜进行曝光、形成一组抗蚀图形使其相对间隔的关键尺寸(CD 值)成为 66nm 般情况加以模拟的结果。从图 19(b)所示模拟结果可以得

知,以图 19(a) 所示光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 中线端部先端变细受到抑制,其结果,即使在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值 66nm 的位置附近也确保图形宽度。

[0172] 图 20(a) 是示出对图 19(a) 所示光掩膜、在各矩形图形(移相器部 103)和相对区域内的第一透光部 104A 之间进一步设置半遮光部 102 的光掩膜的平面结构。以下,将图 20(a) 所示光掩膜称为“Type3”。并且,“Type3”的光掩膜,是将图 19(a) 所示光掩膜的矩形图形(移相器部 103)的一部分(相对区域的附近部分)置换为半遮光部 102,相对间隔 S 意味着在相对区域中除去半遮光部 102 的部分(也就是透光部 104A)的相对方向的长度。这里,位于各矩形图形(移相器部 103)和相对区域内的第一透光部 104A 之间的半遮光部 102 宽度成为 $(100\text{nm}-S\text{nm})/2$ 。

[0173] 图 20(b) 是示出对图 20(a) 所示光掩膜进行曝光形成一组抗蚀图形、使其相对间隔的关键尺寸(CD 值)成为 66nm 般的情况加以模拟的结果。从图 20(b) 所示模拟结果可以得知,与图 19(b) 所示“Type2”的模拟结果同样的,以图 20(a) 所示“Type3”的光掩膜、也就是本变形例的光掩膜形成的一组抗蚀图形 119 中线端部变细受到抑制,其结果,在各抗蚀图形 119 的相对间隔的 CD 值 66nm 的位置附近也确保图形宽度。

[0174] 图 21 是根据模拟求得以“Type2”及“Type3”的各光掩膜的曝光形成的抗蚀图形的相对间隔 CD 值的 MEF 结果图。

[0175] 如图 21 所示,根据“Type2”的光掩膜,即使相对间隔的 CD 值为 100nm 的情况也难以 1 左右的 MEF 形成抗蚀图形。并且,相对间隔的 CD 值一旦缩小到 66nm 则 MEF 增加到 4 左右。并且,如果以“Type2”的光掩膜使相对间隔的 CD 值为 66nm 时的掩膜图形的相对间隔 S 为 72nm。

[0176] 并且,如图 21 所示,若以“Type3”的光掩膜,相对间隔的 CD 值为 100nm 时能够以 1 以下的 MEF 形成抗蚀图形,即使相对间隔的 CD 值缩小到 66nm 也能够将 MEF 抑制为 2 以下。换句话说,以“Type3”的光掩膜能够获得非常良好的 MEF 改善效果。并且,若以“Type3”的光掩膜使相对间隔的 CD 值为 66nm,则掩膜图形的相对间隔 S 为 24nm,被配置在相对区域内的半遮光部 102 的宽度(相对方向长度)是 38nm。并且,以“Type3”的光掩膜使相对间隔的 CD 值的 MEF 增加到 4 以上,为该 CD 值缩小到 40nm 左右时。这时,掩膜图形的相对间隔 S 为 32nm,被配置在相对区域内的半遮光部 102 的宽度(相对方向长度)为 34nm。

[0177] 如以上所说明的,以“Type3”光掩膜、也就是本变形例的光掩膜,比起“Type2”光掩膜,能够抑制实现微细尺寸的 CD 时 MEF 的增加。具体来说,为了抑制 MEF 的增加稳定地形成抗蚀图形,在“Type2”光掩膜只能将抗蚀图形的相对间隔 CD 值缩小到 66nm 左右,而在“Type3”光掩膜能够缩小到 40nm 左右附近。

[0178] 因此,在形成相对间隔小于 λ/NA (上述模拟中 λ/NA 的值为 227nm) 的图形时,能够以“Type3”、也就是本变形例的光掩膜结构,具体来说也就是在位于图形相对区域的透光部和各图形区域(本变形例为移相器部)之间相隔有半遮光部的结构,改善在抗蚀图形的相对间隔的 MEF。这个 MEF 改善效果,在形成相对间隔为 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下的图形时特别显著地被发挥。但是,为了作为在光掩膜上中分离的图形区域的相对间隔能够发挥光学性效果,尺寸必须为 $0.02 \times \lambda/NA$ 以上。

[0179] 本变形例的 MEF 改善效果的原理与第一实施例第一变形例相同。换句话说,由于本变形例的 MEF 改善效果(降低效果),为了形成细微线图形在掩膜图形由具有极高透射率

的移相器部构成时特别显著地被发挥。并且,所谓极高透射率的移相器部意味着,使该移相器部的宽度与该移相器部中心对应的抗蚀剂感光,具体的透射率至少为 15%以上,理想为 25%以上。换句话说,极高透射率的移相器部意味着具有 25%以上透射率的移相器部。

[0180] 并且,为了以本变形例的光掩膜同时获得 MEF 降低效果和抗蚀图形方角钝化的抑制效果,与第一实施例相同的,半遮光部的透射率最好是 5%以上并且为 30%以下,为了特别充分地获得两效果,半遮光部的透射率最好是 10%以上并且为 20%以下。

[0181] 并且,本变形例中,由于即使在缩小抗蚀图形的相对间隔 CD 值也能够稳定形成抗蚀图形,因此与第一实施例相同的,以半遮光部围绕图形相对区域的透光部,并且使该透光部在与图形相对方向垂直方向的宽度小于各矩形图形(移相器部)在该垂直方向延伸的边长(也就是相对宽度)。

[0182] 本变形例中,与第一实施例同样的,将在图形相对区域设置的半遮光部配置为围绕掩膜图形周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部的周缘部),因此能够容易实施用来调整包含相对区域附近尺寸的抗蚀图形的尺寸的光学接近修正。

[0183] 并且,本变形例中,与第一实施例相同的,在图形相对区域周边的半遮光部在图形相对方向的尺寸,可以长于图形区域的相对间隔也可以短于图形区域的相对间隔。但是,为了防止抗蚀图形的方角钝化,被配置在图形相对区域及其周边的半遮光部,其在与图形相对方向垂直方向的尺寸(宽度),最好是大于由移相器部构成的图形区域的在该垂直方向的尺寸(相对宽度)(也就是最好是半遮光部并不只是配置在图形相对区域内也被配置在其外侧(周边)),这一点与第一实施例相同。

[0184] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定必须与由移相器部 103 构成的矩形图形接触,在半遮光部 102 和移相器部 103 之间,也可以通过相隔具有不会对以光掩膜形成的光学像造成影响程度的尺寸的透光部,来隔离半遮光部 102 和移相器部 103。

[0185] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定必须完全围绕第一透光部 104A,也可以配置具有对以光掩膜形成的光学像不会造成影响程度的尺寸的透光部,使其分割半遮光部 102。

[0186] 进一步地,譬如将图 17(a) 所示本变形例的掩膜图形(一组移相器部 103)在与该图形相对方向垂直的方向加以排列多个时,换句话说,使图形相对区域互相在该垂直方向邻接时,也可以使设于各图形相对区域周边的半遮光部 102 互相连接。换句话说,也可以对于由一组移相器部 103 各自构成的各掩膜图形连续设置半遮光部 102。

[0187] 但是,这里,本变形例的光掩膜中,虽然说明了互相相对的一组图形区域均为移相器部,但是,也可以取而代之的,如图 22 所示,互相相对的一组图形区域的其中一方为移相器部 103,而另一方为遮光部 101。并且,图 22 所示光掩膜中,位于图形相对区域的第一透光部 104A 和各图形区域(也就是移相器部 103 及遮光部 101 各自)之间也相隔有半遮光部 102。换句话说,图形相对区域中,在成为各图形区域的移相器部 103 及遮光部 101 各自隔着半遮光部 102 分离的位置设有第一透光部 104A。并且,在含图形相对区域一侧角部的移相器部 103 及遮光部 101 的各自角部周边,也配置有半遮光部 102。

[0188] 图 23(a) ~ (d) 是示出图 22 平面图所示的光掩膜剖面结构的变形。具体来说,图 23(a) ~ (d) 是示出与图 22 所示线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构。并且,图

23(a) ~ (d) 所示本变形例的光掩膜剖面结构与第一实施例第一变形例的不同点在于：能够形成具有高于半遮光部的透射率的移相器部。

[0189] 首先,图 23(a) 所示光掩膜中,譬如由石英构成的透射性基板 160 上形成有半透明的半遮光膜 161,该半遮光膜 161 在透光部 104A 与 104B 之间对曝光光以同相位的相位差(也就是 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的相位差)。以下,产生同相位的相位差意味着产生 $(-30+360 \times n)$ 度以上并且 $(30+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的相位差。作为这个遮光膜 161 的一个例子,能够使用前述 n 为 0(也就是产生 -30 度以上并且 30 度以下的相位差)的金属薄膜。这里,透光部 104A 及 104B 是透射性基板 160 的曝光区域,半遮光部 102 是透射性基板 160 上被沉积的半遮光膜 161 的曝光区域。并且,在透射性基板 160 的移相器部 103 的形成区域,被下挖厚度使得在透光部 104A 和 104B 之间对曝光光产生反相位的相位差(也就是 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)相位差)。由此,移相器部 103 被形成作为透射性基板 160 的下挖部 160a。以下,产生反相位的相位差意味着产生 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)相位差。进一步地,遮光部 101,是在半遮光膜 161 上进一步层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 162 而形成。

[0190] 若根据所说明的图 23(a) 所示光掩膜结构,通过准备依序层积有半遮光膜 161 及遮光膜 162 的透射性基板 160、选择性地分别除去遮光膜 162 及半遮光膜 161 同时下挖透射性基板 160,能够形成由透光部 104A 和 104B、遮光部 101、半遮光部 102、以及移相器部 103 构成的任意光掩膜设计。特别是,使用金属薄膜作为半遮光膜 161 时,提高了半遮光膜 161 的加工精度,因此,提高了成为掩膜图形的遮光部 101 或移相器部 103 周围被配置的半遮光部 102 的加工精度。

[0191] 接着,图 23(b) 所示光掩膜中,譬如由石英构成的透射性基板 160 上形成有移相膜 163,其在与透射性基板 160 的曝光区域(本光掩膜中为成为移相器部 103)之间对曝光光产生反相位的相位差。作为移相膜 163 材料,譬如能够使用以 SiO_2 为主成分的透明玻璃材料。这里,透光部 104A 和 104B,是在透射性基板 160 上被沉积的移相膜 163 的曝光区域,移相器部 103,是位于移相膜 163 被除去位置的透射性基板 160 的曝光区域。并且,在移相膜 163 上层积有半透明的半遮光膜 161,该半遮光膜 161 在透光部 104A 和 104B 之间对曝光光产生同相位的相位差。这里,半遮光部 102 是移相膜 163 上被沉积的半遮光膜 161 的曝光区域。进一步地,遮光部 101 是在半遮光膜 161 上层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 162。

[0192] 若根据图 23(b) 所示光掩膜结构,能够通过使用移相膜 163,以该移相膜 163 的薄膜厚度来调整移相器部 103 的相位。因而,如果与根据透射性基板 160 下挖深度来调整移相器部 103 相位的情况相比,将提高移相器部 103 的相位控制精度。

[0193] 接着,图 23(c) 所示光掩膜中,在譬如由石英构成透射性基板 160 上形成有半透明的移相膜 164,该移相膜 164 在与透射性基板 160 的曝光区域(未被下挖的部分)之间产生对曝光光产生反相位的相位差。作为移相膜 164 材料,能够使用譬如氧化矽和金属的化合物(MoSiO_2 等)。这里,透光部 104A 和 104B,是移相膜 164 被除去、并且位于该除去位置的透射性基板 160 被下挖了对曝光光产生反相位的相位差的厚度的区域。并且,移相器部 103 是位于移相膜 164 被除去位置的透射性基板 160 的曝光区域。并且,半遮光部 102,是透射

性基板 160 上被沉积的移相膜 164 的曝光区域。进一步地,遮光部 101 是在移相膜 164 上层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 162 而形成。

[0194] 并且,本发明的光掩膜平面结构中,以本发明的原理,透光部并不需比移相器部细微的图形。并且,一般的,成为移相器部的透射性基板的下挖部以蚀刻法工序加以形成。但是,在蚀刻法工序中一旦加工图形变得微细,将发生随着该图形的尺寸而下挖深度变化的微负载 (microloading) 效果。在这里,以图 23(c) 所示结构,透射性基板 160 下挖部并非成为移相器部 103 而是成为透光部 104A 和 104B,同时,如前述般,在本发明的光掩膜结构,透光部 104A 和 104B 将不需比移相器部 103 微小的图形。因此,下挖透射性基板 160 时能够回避微负载效果,使得光掩膜加工变得容易。

[0195] 接着,图 23(d) 所示光掩膜中,譬如在由石英构成的透射性基板 160 上形成有第一移相膜 163 (与图 23(b) 所示光掩膜的移相膜 163 相同),其在透射性基板 160 露出区域 (本光掩膜中为透光部 104A 和 104B) 之间对曝光光产生反相位的相位差。这里,透光部 104A 和 104B 是透射性基板 160 的曝光区域,移相器部 103 是透射性基板 160 上被沉积的第一移相膜 163 的曝光区域。并且,在第一移相膜 163 上层积有半透明的第二移相膜 164 (与图 23(c) 所示光掩膜的移相膜 164 相同),其在透光部 104A 和 104B 之间对曝光光产生反相位的相位差。这里,半遮光部 102 是第一移相膜 163 上被沉积的第二移相膜 164 的曝光区域。并且,遮光部 101,是在第二移相膜 164 上层积实质上不使曝光光透射的遮光膜 162 而形成。

[0196] 若按照以上说明的图 23(d) 所示光掩膜结构,通过使用移相膜 163,能够以该移相膜 163 的薄膜厚度来调整移相器部 103 的相位。因此,与根据透射性基板 160 下挖深度来调整移相器部 103 相位相比,提高了移相器部 103 的相位控制精度。

[0197] 但是,在具有图 23(b) ~ (d) 所示剖面结构的光掩膜,作为成为产生反相位的相位差的移相器部的膜的薄膜厚度、或是成为产生同相位的相位差的半遮光部的膜的薄膜厚度,为了调整相位必须为数百 nm 左右。在这里,图 23(a) 所示剖面结构的光掩膜中,作为半遮光部 102,使用高度数十 nm 左右厚的薄膜,在光掩膜加工图形化中细微加工将变得容易。这里,该薄膜能够使用的金属材料,譬如,Cr (铬)、Ta (钽)、Zr (锆)、Mo (钼) 及 Ti (钛) 等的金属及其合金。作为具体的合金,有 Ta-Cr 合金、Zr、Mo 或 Ti 和 Si 的化合物等。

[0198] 如以上,按照图 23(a) 所示剖面结构的光掩膜,由于成为加工对象的膜是由金属薄膜构成的半遮光膜 161,因此,在光掩膜加工的细微加工变得容易。换句话说,图 23(a) 所示光掩膜,在光掩膜容易加工这一点上极为出色。

[0199] 并且,图 23(a) ~ (d) 各自所示光掩膜中,虽然将半遮光膜 161、以及移相膜 163 和 164 等作为单层膜来处理,但是这些膜各自可以作为多层膜加以构成,此无需赘言。

[0200] (第一实施例的第 3 变形例)

[0201] 以下,参照附图说明本发明第一实施例第 3 变形例的光掩膜。

[0202] 图 28(a) 是示出所要抗蚀图形的形状图,图 28(b) 是第一实施例第 3 变形例的光掩膜平面图。并且,图 28(b) 中,透射性基板图示省略。

[0203] 如图 28(a) 所示,所要图形为以矩阵状互相接近配置的多个矩形的抗蚀图形 200。各抗蚀图形 200 其短边和长边互相各自相对般邻接。

[0204] 如图 28(b) 所示,本变形例的光掩膜中,在透射性基板 (图示省略) 上充分宽广的区域设有透光部 104 (第二透光部 104B)。并且,在与以曝光在晶片上所要形成的抗蚀图

形(所要图形)200 对应的位置的透射性基板 1 上,设有由多个矩形移相器部 103 构成的掩膜图形。换句话说,本变形例中,与第一实施例第一变形例相同的,第一实施例的第一变形例同样的,掩膜图形不是以遮光部而是以移相器部 103 构成。并且,本变形例中,与抗蚀图形 200 对应的该掩膜图形,具有以矩阵状互相接近配置的多个图形区域(多个移相器部 103)。并且,作为本变形例的特征,位于多个图形区域中短边互相相对的图形区域之间的区域(相对间隔为最小的图形相对区域 105)的第一透光部 104A 和各图形区域(也就是各移相器部 103)之间相隔有半遮光部 102。换句话说,图形相对区域 105 中,在从作为各图形区域的各移相器部 103 隔着半遮光部 102 分离的位置设有第一透光部 104A。并且,本变形例中,在含图形相对区域 105 一侧角部的各移相器部 103(也就是各图形区域)的角部周边也配置有半遮光部 102。并且,本变形例中,多个图形区域中长边互相相对的图形区域(两者相对间隔与图形相对区域 105 间隔相比较)之间相隔有第二透光部 104B。

[0205] 若按照以上说明的本变形例的光掩膜结构,即使在使用移相器部取代遮光部作为掩膜图形时,能够在图形相对区域中降低 MEF,同时,能够抑制形成的抗蚀图形方角钝化及抑制方角钝化带来的端部后退。因此,在譬如形成多个晶体管邻接的电路设计图形时适用本变形例的光掩膜,将能够缩小栅极层图形的相对区域、和缩小该相对区域的栅极突出量,高密度地配置实现晶体管 LSI 的集成化。

[0206] 并且,本变形例中,与第一实施例相同的,使半遮光部 102 配置为围绕图形相对区域 105 的第一透光部 104A。这样的结构,特别是在抗蚀图形间的空间尺寸变得微小时为理想的结构。

[0207] 并且,本变形例中,与第一实施例相同的,使半遮光部 102 配置为围绕掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部 103 的周缘部)。根据这个结构,能够在掩膜图形作成中容易实施光学接近修正(OPC)。

[0208] 并且,本变形例中,半遮光部 102 的定义与第一实施例相同。并且,虽然移相器部 103 使光透射,但是透射移相器部 103 的光、与透射透光部 104A 和 104B 的光为反相位关系(具体来说两者的相位差成为 $(150+360 \times n)$ 度以上并且 $(210+360 \times n)$ 度以下(n 为整数)的关系)。

[0209] 并且,第一实施例第一变形例中,作为取代遮光部所使用的移相器部 103,假设了低透射率的移相器部,但是,本变形例中,作为该移相器部 103,与第一实施例第二变形例相同的,假设了高透射率的移相器部。换句话说,本变形例的光掩膜,具有与图 17(c) 所示第一实施例第二变形例的光掩膜相同的剖面结构。

[0210] 并且,本变形例中,是以形成的抗蚀图形具有 λ/NA 一半以下线宽的细微线图形的情况为对象,而使用着高透射率的移相器部 103。在形成具有 λ/NA 一半以下的线宽的细微线图形时,在抗蚀图形的形状上作为方角钝化所呈现的问题现象,也显著地呈现为线端部的变细现象和线端部之后退现象。

[0211] 如上述般构成的本变形例的光掩膜,与第一实施例的第二变形例相同的,在晶片上形成图形时发挥出色的图形形成特性,具体来说,发挥 MEF 降低效果和抑制抗蚀图形方角钝化的抑制效果(特别是抑制线端部的变细的效果)。

[0212] 并且,为了以本变形例的光掩膜同时获得 MEF 降低效果和抗蚀图形方角钝化的抑制效果,与第一实施例第二变形例相同的,半遮光部的透射率最好是 5% 以上并且为 30%

以下,为了特别充分地获得两效果,最好是半遮光部的透射率为 10%以上并且为 20%以下。

[0213] 并且,本变形例中,由于即使在缩小抗蚀图形的相对间隔 CD 值时也能够稳定形成抗蚀图形,与第一实施例第二变形例相同的,以半遮光部围绕图形相对区域的透光部,而并且使该透光部在与图形相对方向垂直的方向的宽度小于各矩形图形(移相器部)在该垂直方向延伸的边长(也就是相对宽度)。

[0214] 本变形例中,与第一实施例第二变形例相同的,使在图形相对区域所设的半遮光部配置为围绕掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部的周缘部),而能够容易实施用来调整包含相对区域附近尺寸的抗蚀图形尺寸的光学接近修正。

[0215] 并且,本变形例中,与第一实施例第二变形例相同的,在图形相对区域周边的半遮光部的图形相对方向尺寸,可以长于图形区域的相对间隔,也可以短于图形区域的相对间隔。但是,为了防止抗蚀图形的方角钝化,被配置在图形相对区域及其周边的半遮光部、其在与图形相对方向垂直的方向的尺寸(宽度),最好是大于由移相器部构成的图形区域的在该垂直方向的尺寸(相对宽度)(也就是最好是半遮光部不只配置在图形相对区域内、也被配置在其外侧(周边)),这一点与第一实施例相同。

[0216] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定需要与由移相器部 103 构成的矩形图形接触,在半遮光部 102 和移相器部 103 之间,可以相隔有对以光掩膜形成的光学像不造成影响程度尺寸的透光部,来隔离半遮光部 102 和移相器部 103。

[0217] 并且,本变形例中,在图形相对区域所设的半遮光部 102 不一定需要完全围绕第一透光部 104A,也可以配置对以光掩膜形成的光学像不造成影响程度的尺寸的透光部,使其分割半遮光部 102。

[0218] 并且,本变形例中,在各图形相对区域 105 周边所设的半遮光部 102,也可以使多个图形区域的长边在相对方向中互相连接。换句话说,对于由多个移相器部 103 构成的掩膜图形可以连续性地设置半遮光部 102。

[0219] 并且,本变形例中,隔着图形相对区域 105 的一组图形区域的其中之一是移相器部 103,另一方可以是遮光部。

[0220] (第二实施例)

[0221] 以下,参照附图说明本发明第二实施例中的光掩膜的制造方法。

[0222] 图 29 是以本实施例的光掩膜制造方法所要形成的光掩膜平面图。图 29 所示光掩膜的基本结构,与图 17(b) 所示第一实施例第二变形例的光掩膜的基本结构相同。换句话说,在图 29 所示光掩膜中所设的掩膜图形,由互相接近相对的一组矩形的移相器部 103(一组图形区域)构成。并且,位于该一组图形区域之间的区域(图形相对区域)的第一透光部 104A 和各图形区域(也就是各移相器部 103)之间相隔有半遮光部 102。并且,在包含上述图形相对区域一侧角部的各移相器部 103(也就是各图形区域)的角部周边也配置有半遮光部 102。具体来说,使半遮光部 102 配置为围绕上述图形相对区域的第一透光部 104A、同时围绕上述掩膜图形的周缘部(也就是成为各图形区域的移相器部 103 的周缘部)。

[0223] 并且,图 29 中,透射性基板 100(第二透光部 104B) 图示省略。并且,如图 29 所示,在与透射性基板上的掩膜图形形成区域不同的区域上,能够形成譬如作为对准符号(alignment marking) 使用的遮光部 101。

[0224] 图 30(a) ~ (j) 是示出本实施例的光掩膜制造方法各工序的剖面图 (图 29AB 线的剖面结构), 图 31(a) ~ (c) 分别示出与图 30(c) (g) (i) 剖面图对应的平面图。但是, 图 31(a) ~ (c) 中, 只图示掩膜图形形成区域。

[0225] 首先, 如图 30(a) 所示, 在透射性基板、譬如石英基板 110 上依序形成譬如由 Mo 构成的金属薄膜 112 作为半遮光膜、以及 Cr 膜 111 作为遮光膜之后, 在 Cr 膜 111 上形成抗蚀膜 121。

[0226] 接着, 如图 30(b) 所示, 根据光刻使抗蚀膜 121 图形化, 形成分别覆盖成为遮光部 101 的区域、和成为半遮光部 102 的区域的抗蚀图形 121A。

[0227] 接着, 以抗蚀图形 121A 作为光掩膜对 Cr 膜 111 和金属薄膜 112 依序进行蚀刻, 如图 30(c) 和图 31(a) 所示, 除去分别位于成为透光部 104A 和 104B 的区域、以及成为移相器部 103 区域 (构成掩膜图形的一组图形区域) 的 Cr 膜 111 和金属薄膜 112 之后, 如图 30(d) 所示, 除去抗蚀图形 121A。由此, 在成为透光部 104A 和 104B 的区域、以及成为移相器部 103 的各自区域中, 石英基板 110 的表面露出。

[0228] 接着, 如图 30(e) 所示, 在被图形化的 Cr 膜 111 及石英基板 110 上形成抗蚀膜 122 之后, 如图 30(f) 所示, 根据光刻使抗蚀膜 122 图形化, 形成覆盖成为第二透光部 104B 区域的抗蚀图形 122A。这里, 也可以以抗蚀图形 122A 覆盖除了成为移相器部 103 区域附近 (含光掩膜边缘左右) 的 Cr 膜 111 (分别覆盖成为遮光部 101 的区域、及成为半遮光部 102 的区域)。

[0229] 接着, 以抗蚀图形 122A 和 Cr 膜 111 的一部分为光掩膜对石英基板 110 进行蚀刻, 下挖位于成为移相器部 103 区域 (构成掩膜图形的一组图形区域) 的石英基板 110, 下挖厚度为使相位反转, 由此, 如图 30(g) 及图 31(b) 所示, 形成由移相器部 103 构成的下挖部 115 之后, 如图 30(h) 所示, 除去抗蚀图形 122A。这时, 下挖部 115 的开口宽度, 与 Cr 膜 111 的开口宽度实质上相同。

[0230] 接着, 如图 30(i) 所示, 形成覆盖成为遮光部 101 的区域的抗蚀图形 123A 之后, 以抗蚀图形 123A 为光掩膜对 Cr 膜 111 (分别覆盖成为遮光部 101 的区域、以及成为半遮光部 102 的区域) 进行蚀刻, 除去位于成为半遮光部 102 的区域的 Cr 膜 111。此后, 除去抗蚀图形 123A。由此, 如图 30(j) 和图 31(c) 所示, 只有在成为遮光部 101 的区域留有 Cr 膜 111, 在成为半遮光部 102 的区域中金属薄膜 112 露出。换句话说, 完成图 29 所示光掩膜。

[0231] 并且, 本实施例中, 虽然以图 17(b) (c) 所示第一实施例第二变形例的光掩膜作为例子加以说明, 但是在构成掩膜图形的一组图形区域均为由遮光部 101 构成的情况 (也就是形成图 1(b) 及 (c) 所示第一实施例的光掩膜时), 图 30(c) 和图 31(a) 所示工序中, 使位于构成掩膜图形的一组图形区域的 Cr 膜 111 及金属薄膜 112 残留, 省略图 30(e) 所示工序、图 30(f) 所示工序、图 30(g) 和图 31(b) 所示工序, 以及图 30(h) 所示工序, 对图 30(i) 所示工序, 使位于构成掩膜图形的一组图形区域的 Cr 膜 111 及金属薄膜 112 残留就可以。或是, 构成掩膜图形的一组图形区域的其中一方的图形区域由移相器部 103 构成、而另一方的图形区域由遮光部 101 构成的情况, 在图 30(c) 和图 31(a) 所示工序, 除去位于上述一方的图形区域的 Cr 膜 111 和金属薄膜 112、同时使位于上述另一方的图形区域的 Cr 膜 111 及金属薄膜 112 残留, 在图 30(g) 及图 31(b) 所示工序, 将位于上述一方的图形区域的石英基板 110 下挖使透射光的相位反转的厚度, 由此, 形成成为移相器部 103 的下挖部 115, 在

图 30(i) 所示工序,使得位于上述另一方的图形区域的 Cr 膜 111 及金属薄膜 112 残留就可以。

[0232] (第 3 实施例)

[0233] 以下,参照附图说明本发明第 3 实施例的图形形成方法,具体来说使用第一实施例或其变形例中任一光掩膜(以下称本发明的光掩膜)的图形形成方法。

[0234] 图 24(a) ~ (d) 是示出第 3 实施例的图形形成方法各工序的剖面图。

[0235] 首先,如图 24(a) 所示,在基板 300 上,形成譬如金属膜或绝缘膜等的被加工膜 301 后,如图 24(b) 所示,在被加工膜 301 上譬如形成正型的抗蚀膜 302。

[0236] 接着,如图 24(c) 所示,透过本发明的光掩膜、譬如具有图 17(a) ~ (c) 所示结构的第一实施例第二变形例的光掩膜、来对抗蚀膜 302 照射曝光光 303。由此,根据透射该光掩膜的曝光光 304 使抗蚀膜 302 曝光。这时,在上述光掩膜的掩膜图形由一组移相器部 103 构成,同时,该一组移相器部 103 被半遮光部 102 所围绕。并且,在一组移相器部 103 互相之间配置有第一透光部 104A 使其为半遮光部 102 所围绕。并且,半遮光部 102 是石英基板 110 上被沉积的金属薄膜(半遮光膜)112 的曝光区域,移相器部 103 是位于金属薄膜 112 被除去位置的石英基板 110 的下挖部 115。

[0237] 并且,图 24(c) 所示曝光工序,譬如使用离轴曝光(离轴照明)用光源对抗蚀膜 302 进行曝光。这时,如图 24(c) 所示,只在与上述光掩膜的上述掩膜图形以外的区域(也就是透光部 104A 和 104B、以及半遮光部 102) 对应的抗蚀膜 302 的潜影部 302a,被照射显影工序足以使抗蚀剂溶化的曝光能源。

[0238] 接着,如图 24(d) 所示,通过对抗蚀膜 302 进行显影除去潜影部分 302a,形成在上述光掩膜的与上述掩膜图形对应的抗蚀图形(也就是与一组移相器部 103 对应的一组抗蚀图形)305。

[0239] 按照以上说明的本实施例,由于是使用本发明的光掩膜(具体的为第一实施例或其变形例的光掩膜)的图形形成方法,能够获得与第一实施例或其变形例相同的效果。

[0240] 并且,本实施例中,对涂布有抗蚀剂的基板(晶片)以本发明的光掩膜进行曝光时若使用离轴曝光用光源,本发明的效果(也就是抑制抗蚀图形方角钝化及抑制其带来的端部后退的效果、以及在图形相对区域的 MEF 降低效果)将特别明显被发挥,将能够形成更为微细的图形。这里,所谓离轴曝光用光源,如图 25(a) 所示,对通常曝光用光源除去垂直入射成份(从光源对光掩膜垂直入射的曝光光的成分),譬如图 25(b) ~ (d) 所示光源。作为代表性的离轴曝光用光源,如图 25(b) 所示环状曝光用光源、图 25(c) 及 (d) 所示四极曝光用光源。并且,多少视所要图形,一般来说,四极曝光用光源比环状曝光用光源,其对比的强调或在 DOF 的扩大中为有效。

[0241] 产业上利用的可能性

[0242] 如以上所说明,本发明涉及光掩膜及图形形成方法,在适用于形成用来制造半导体集成电路装置等的细微图形时非常有用。

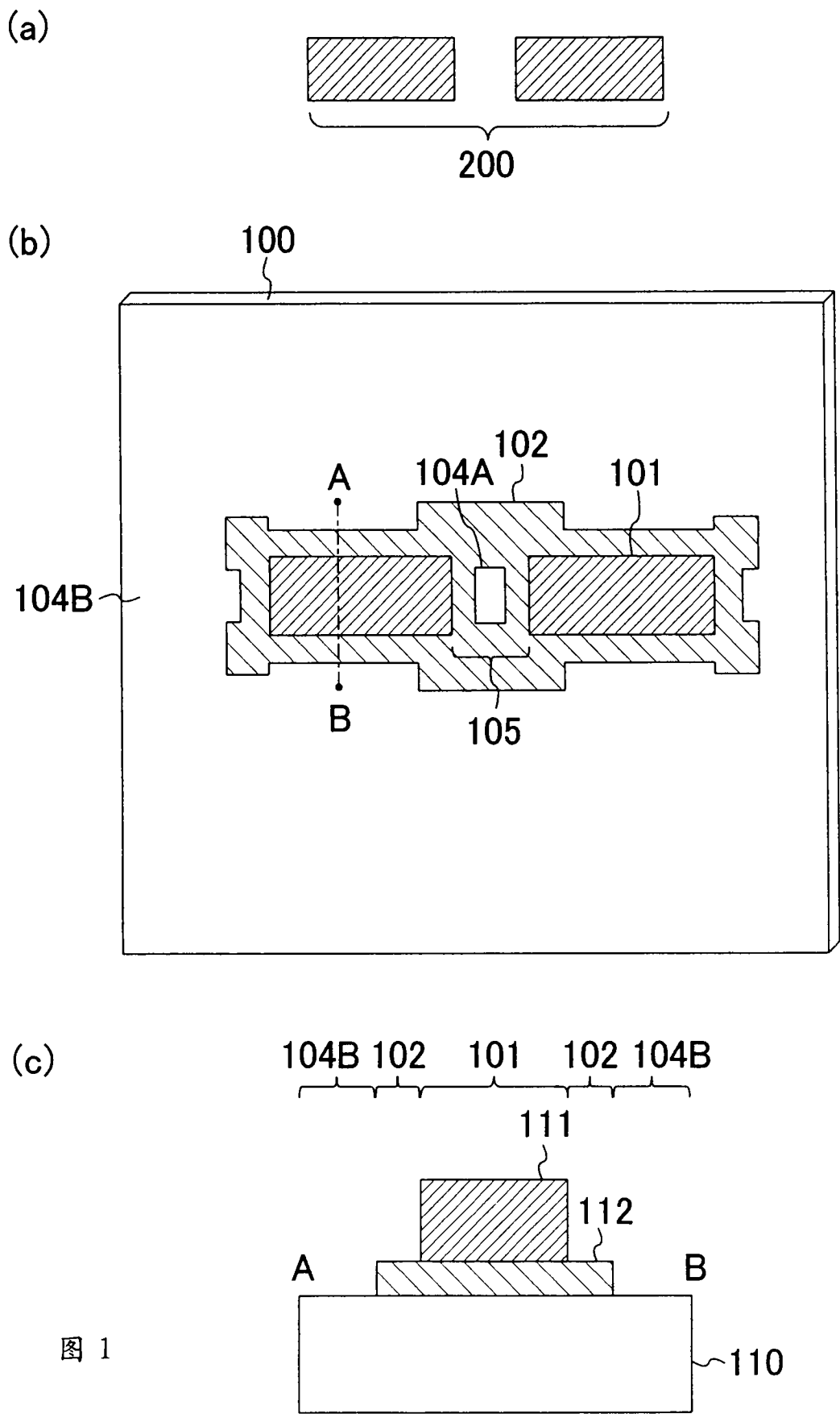


图 1

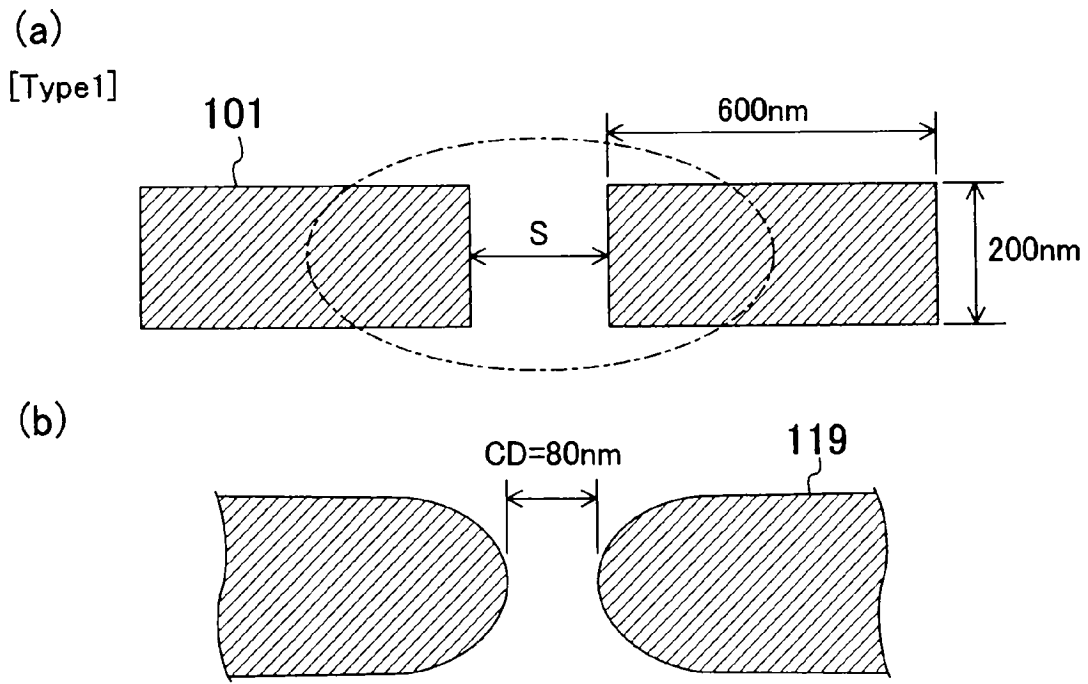


图 2

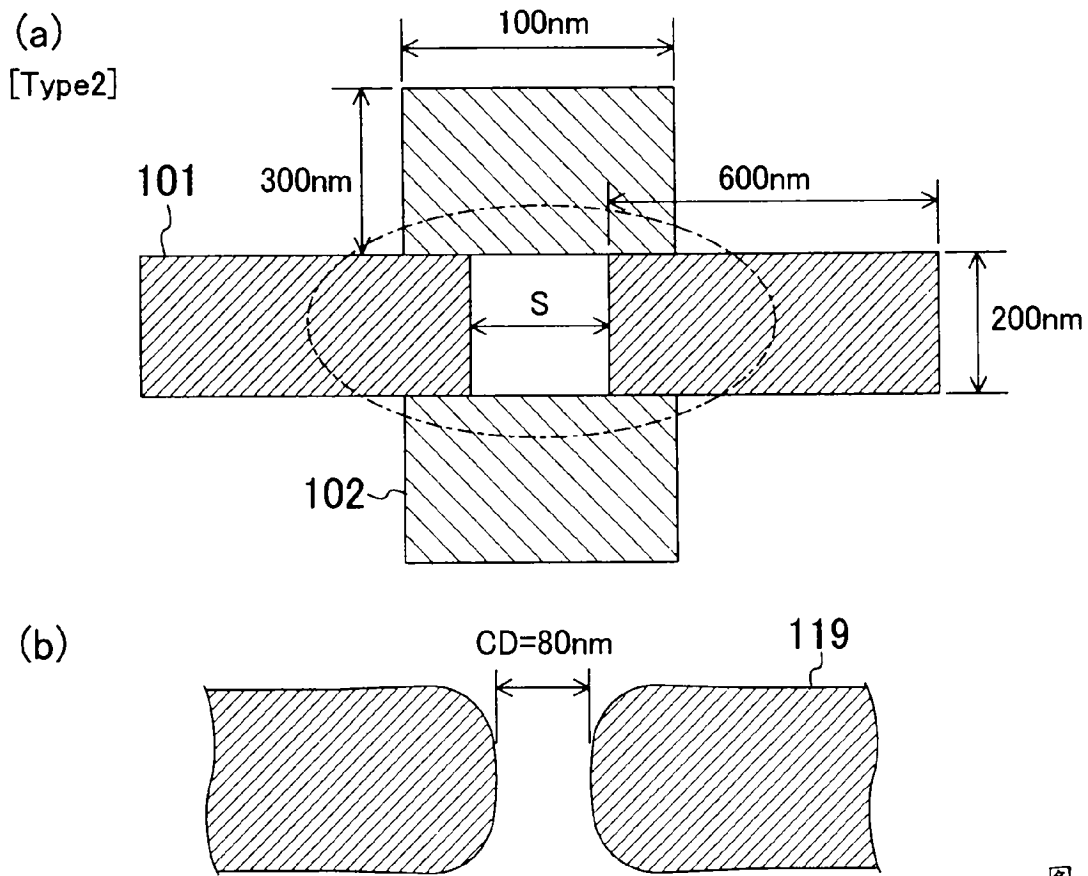
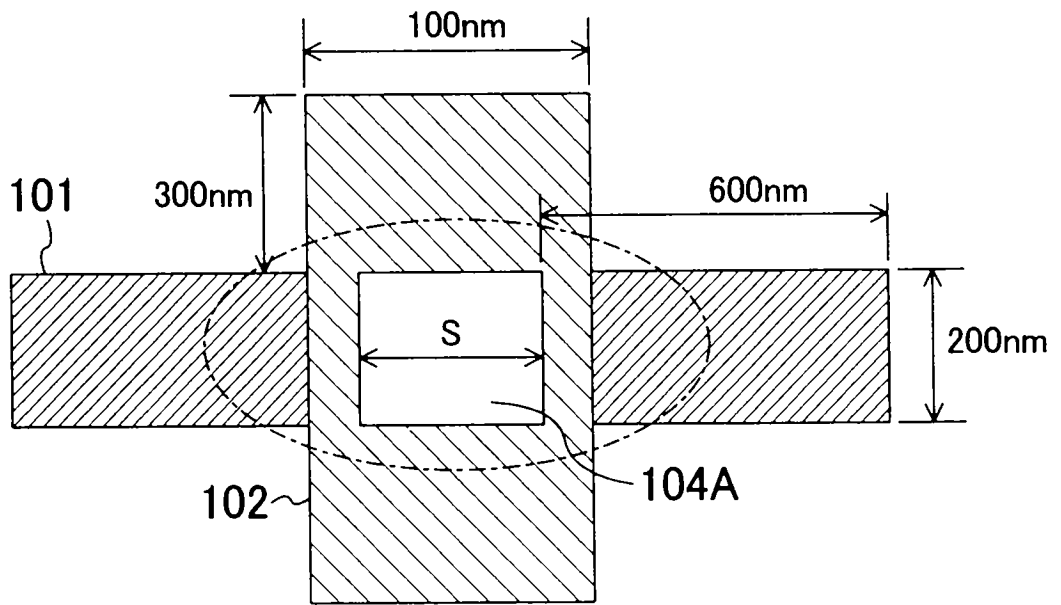


图 3

(a)

[Type3]



(b)

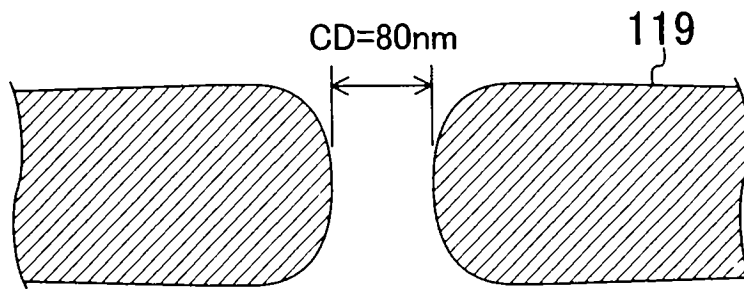


图 4

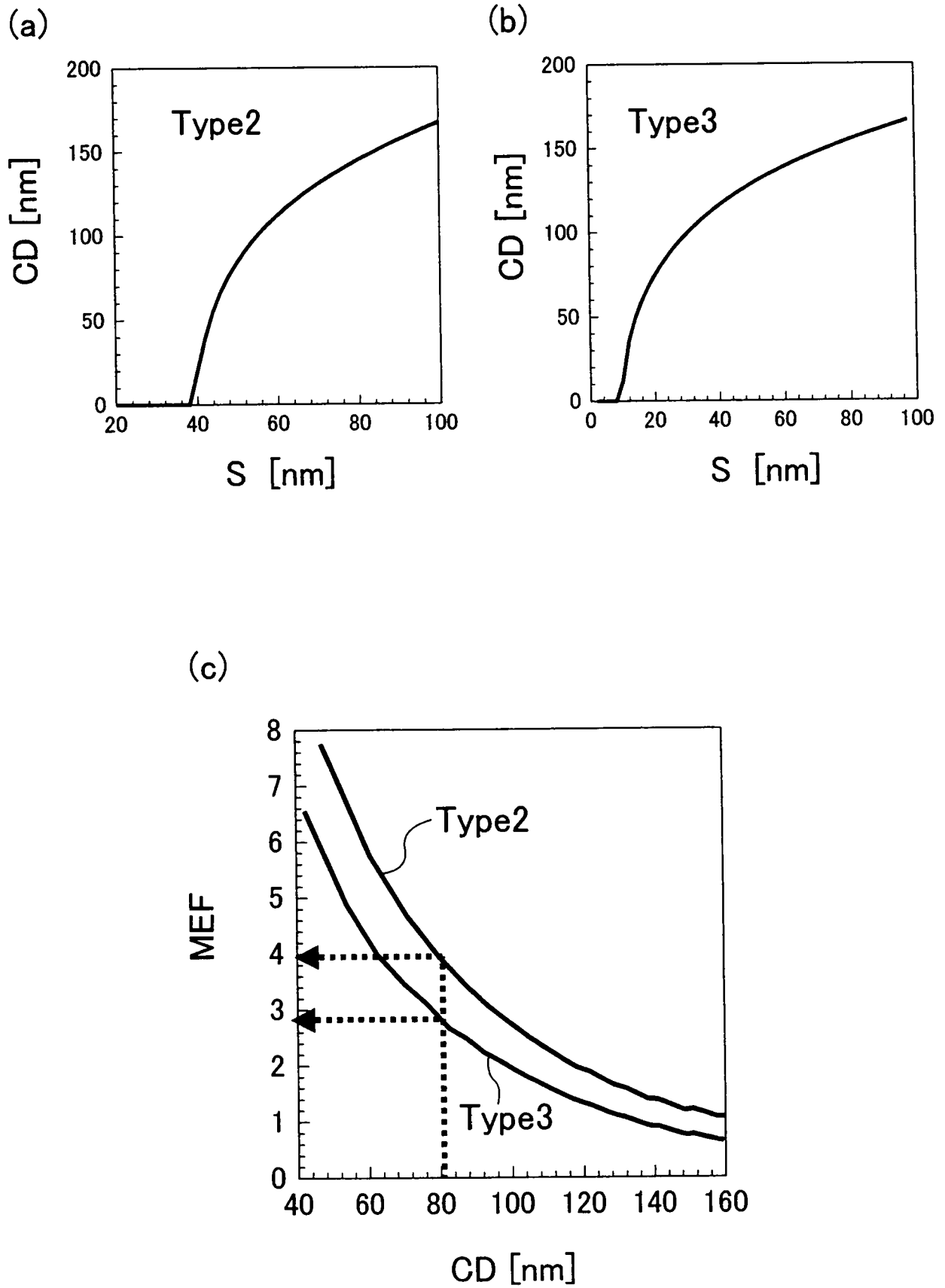


图 5

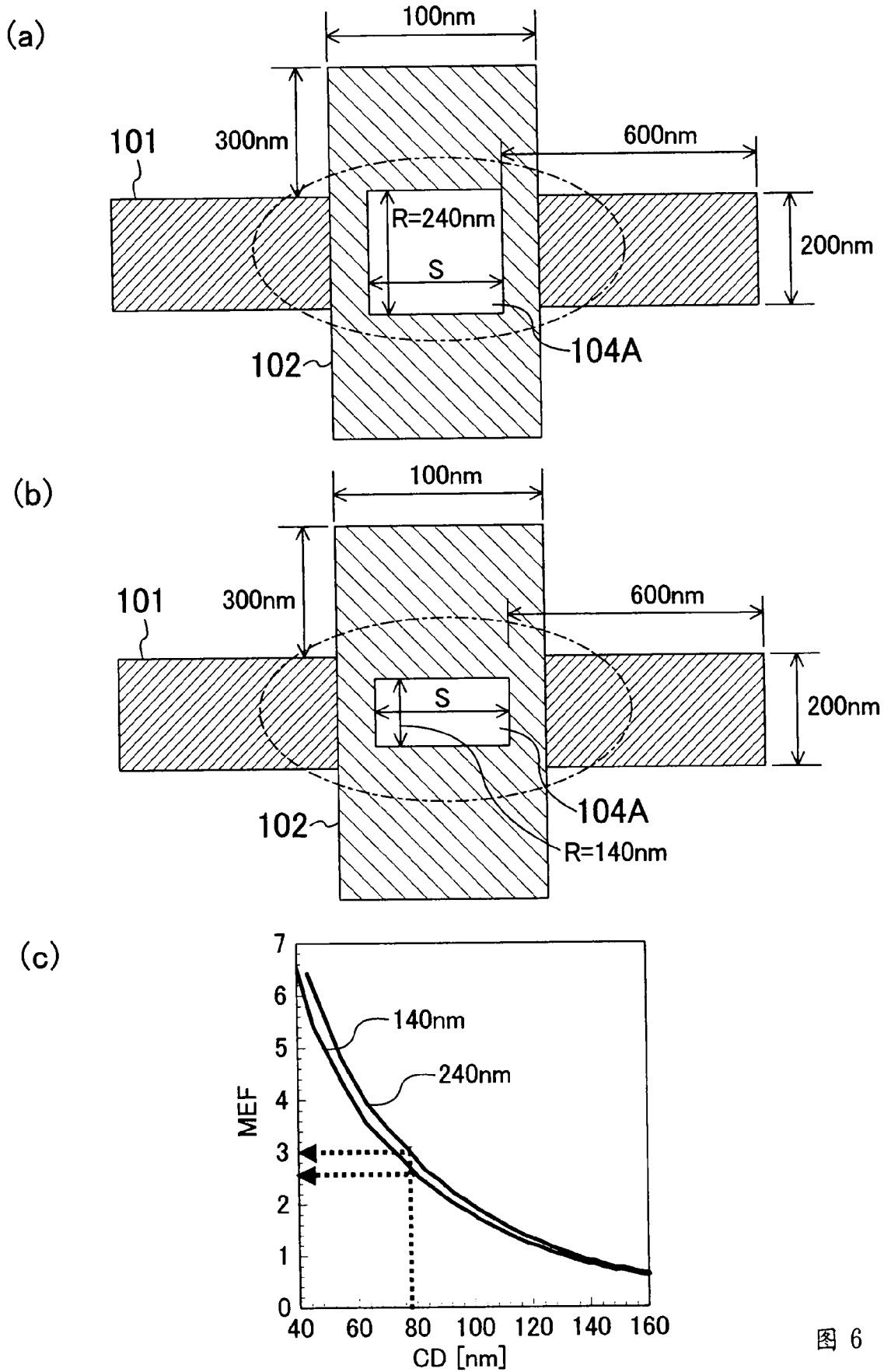


图 6

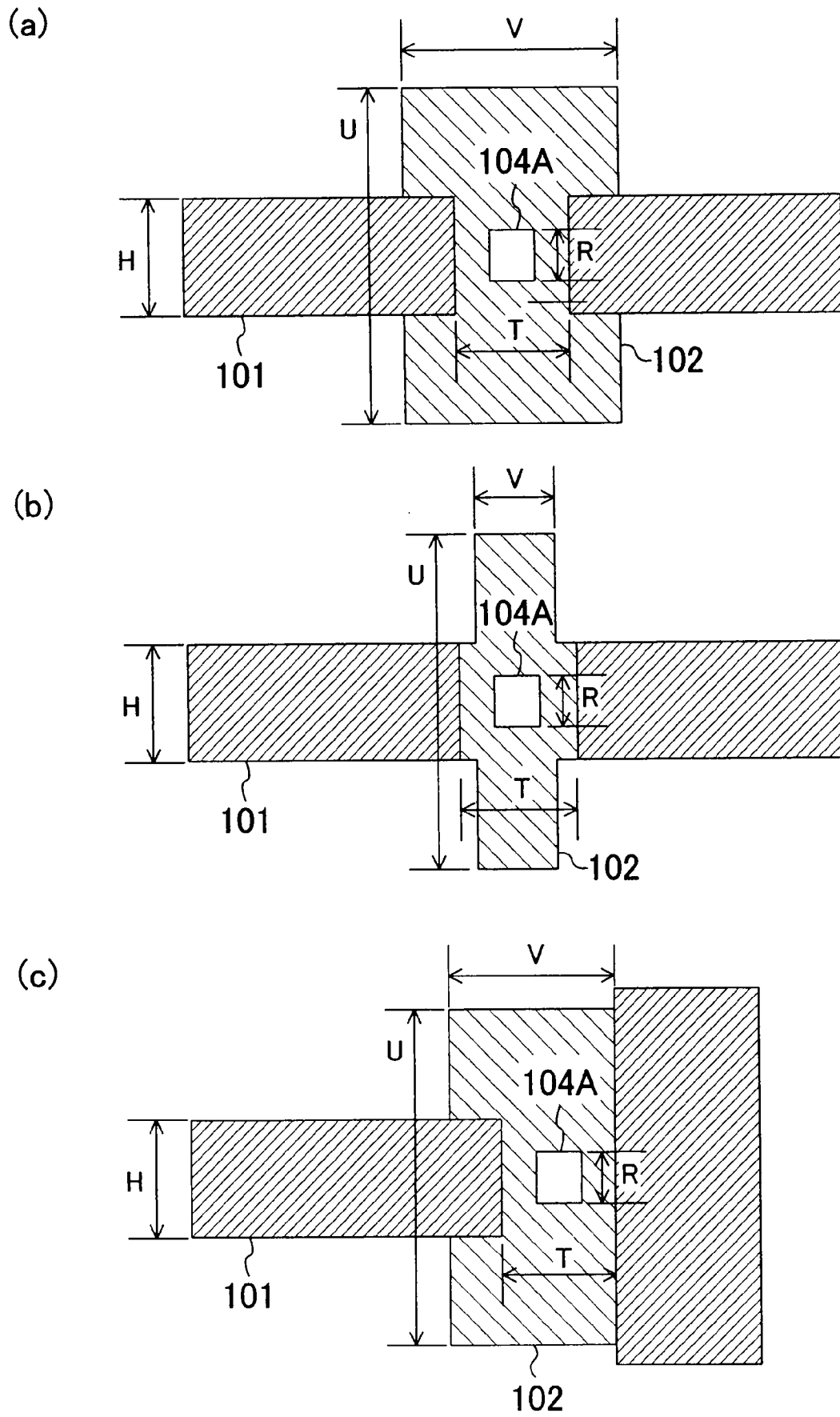


图 7

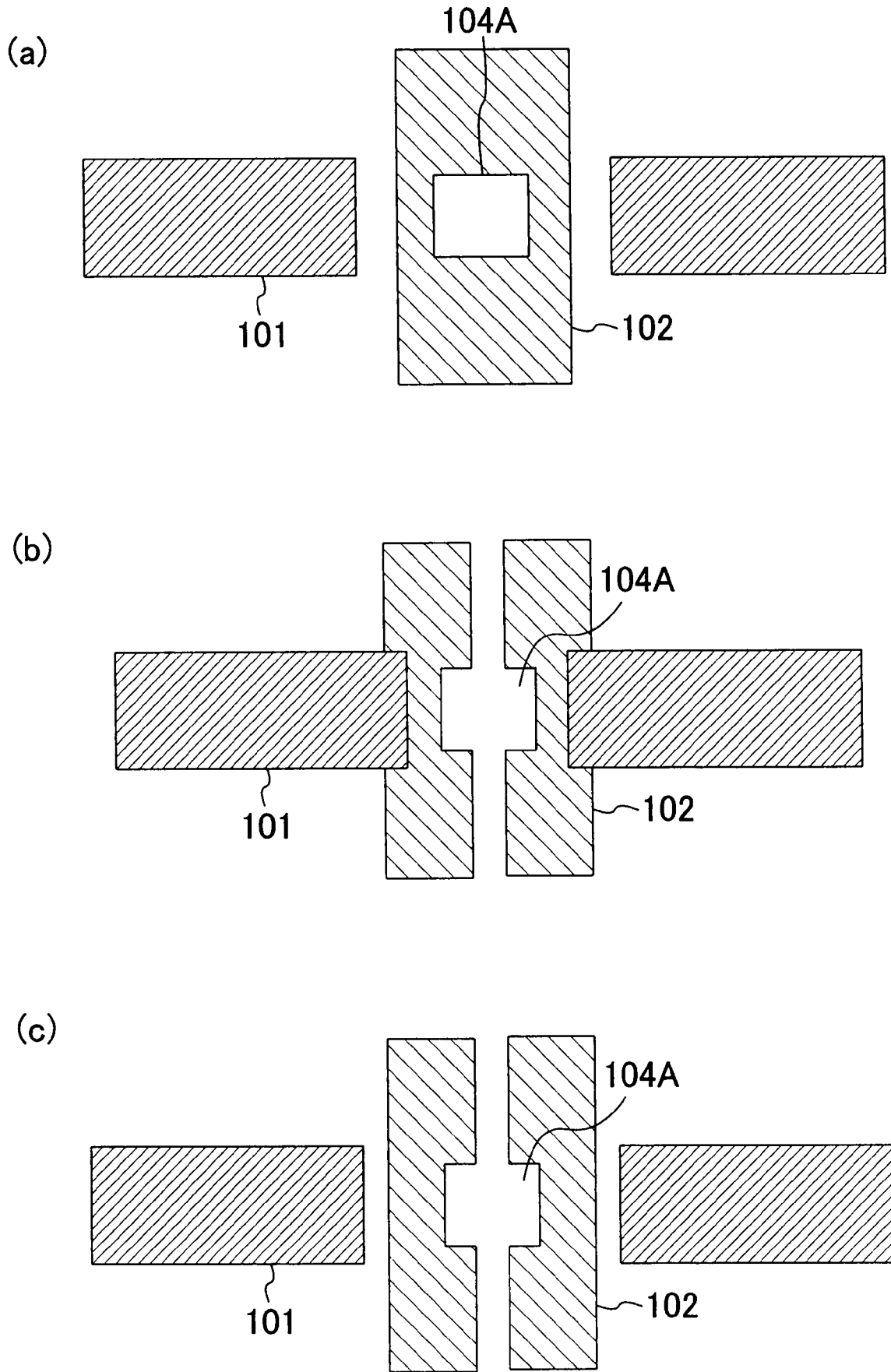


图 8

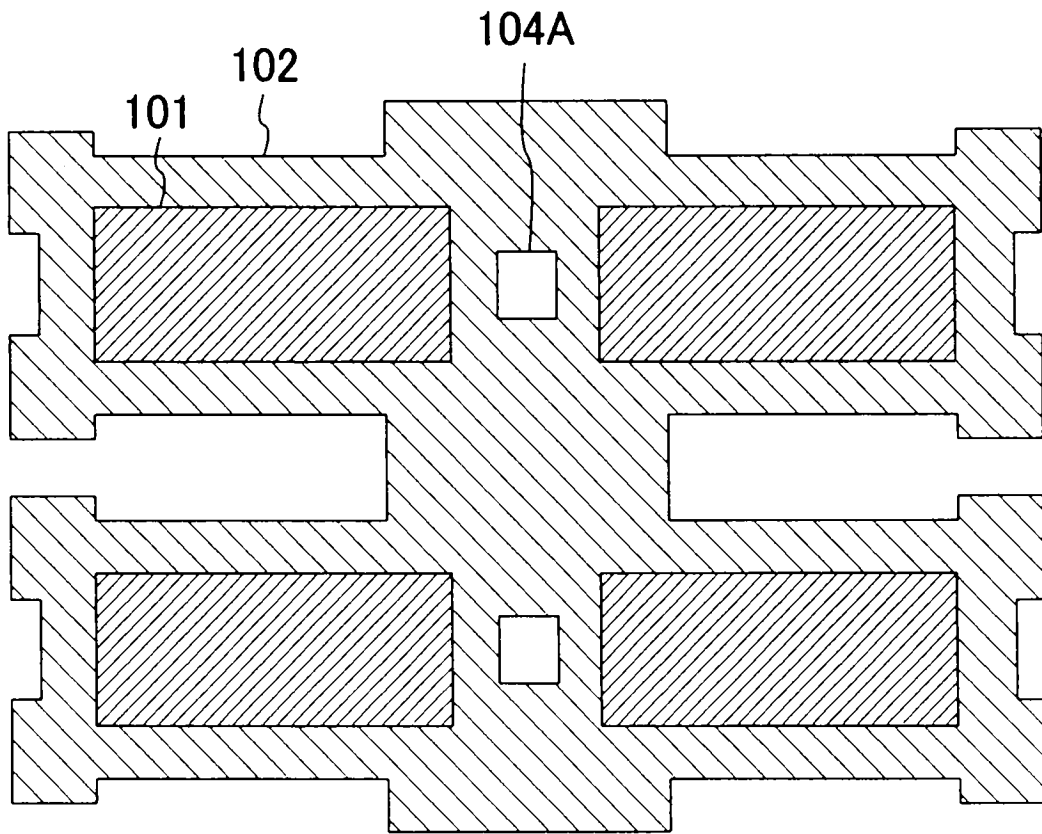


图 9

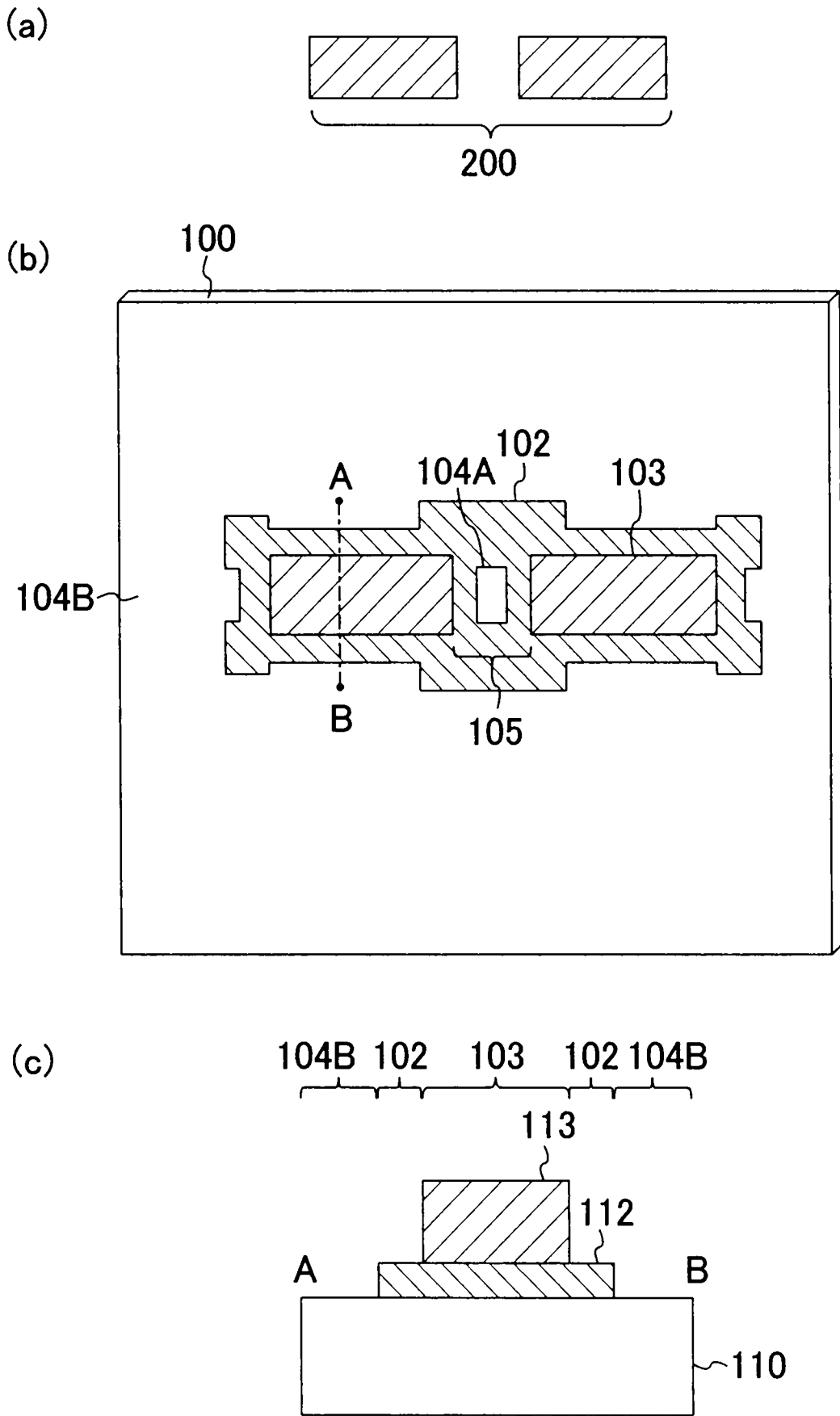
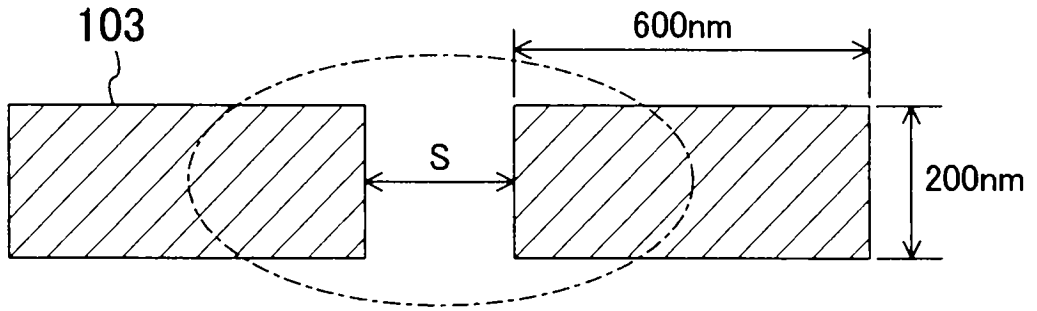


图 10

(a)
[Type1]



(b)

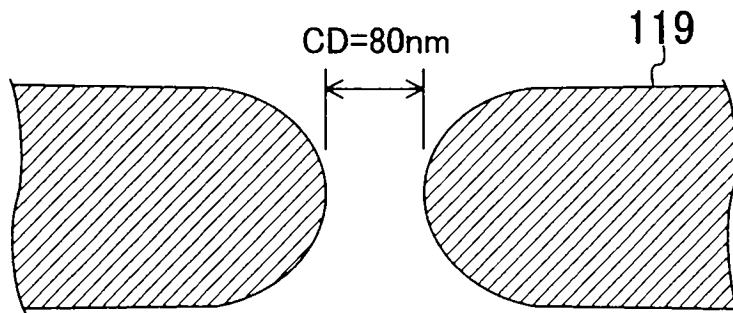


图 11

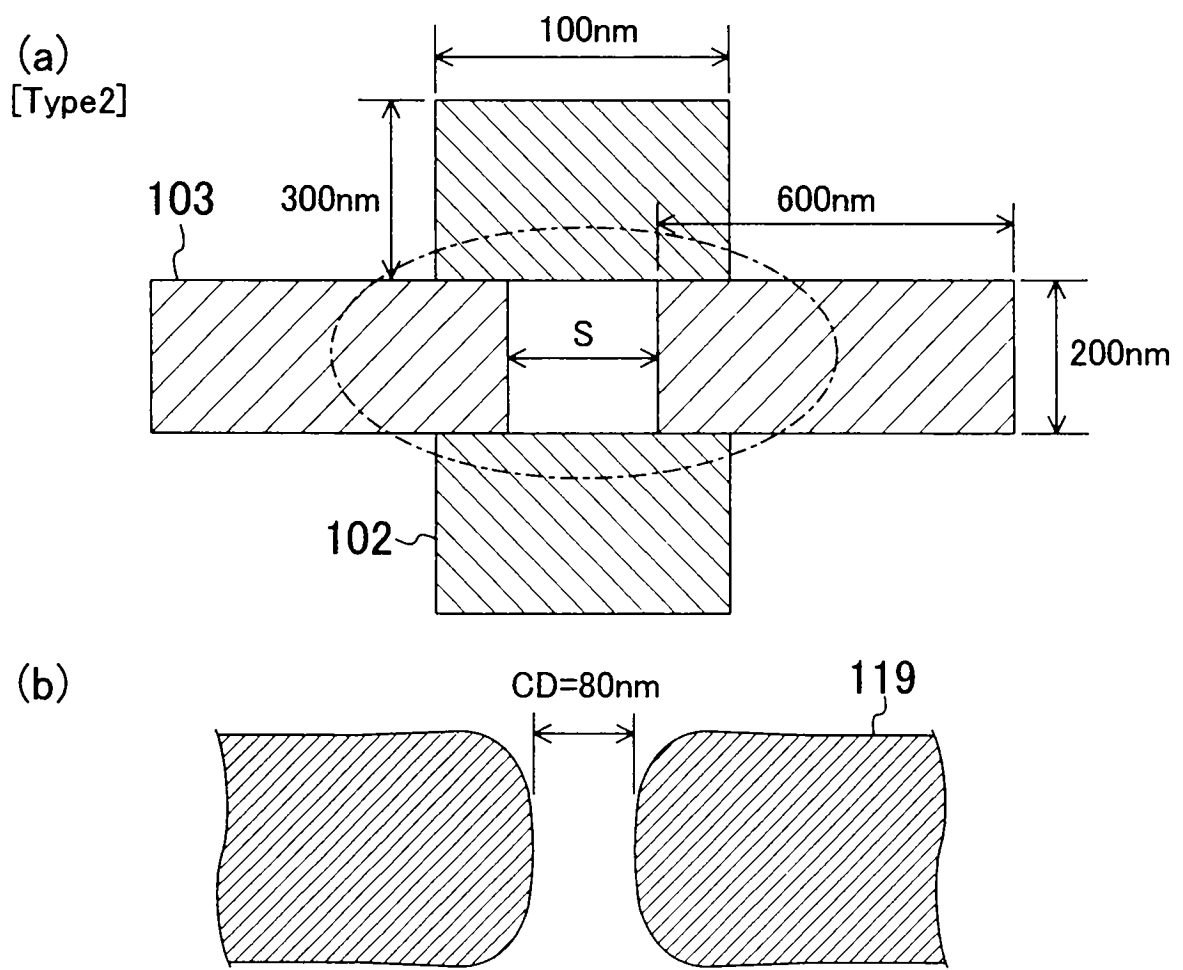
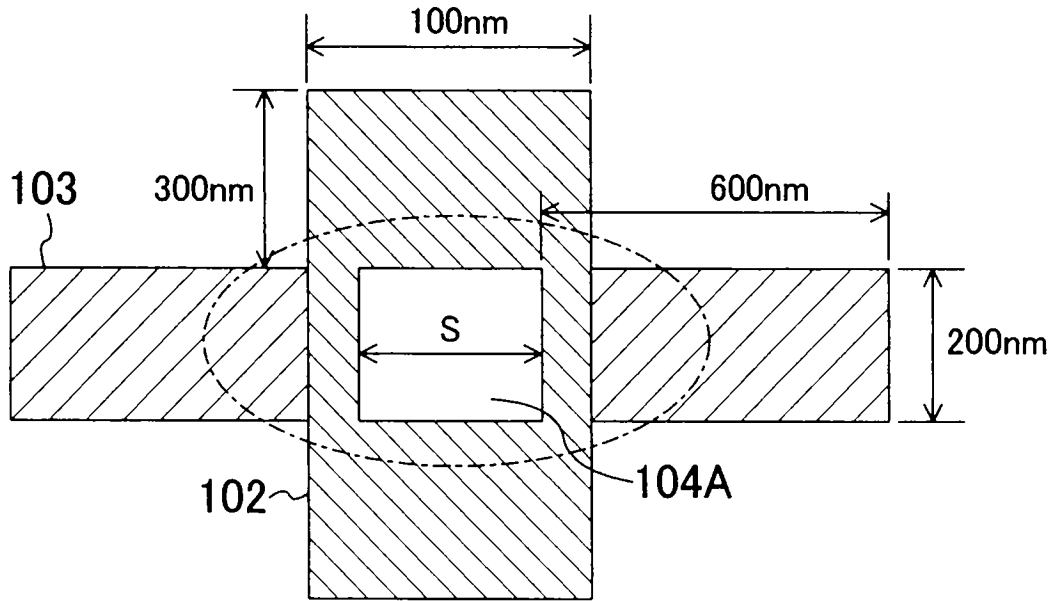


图 12

(a)
[Type3]



(b)

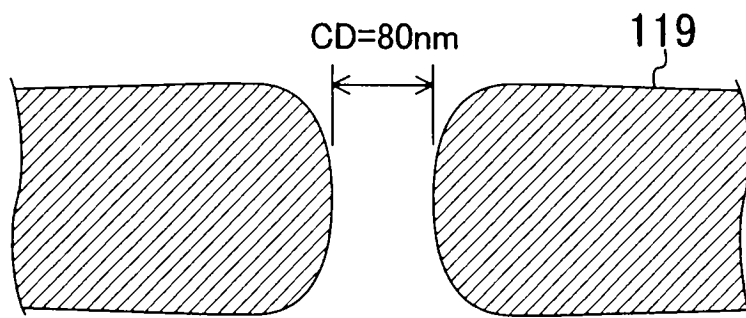


图 13

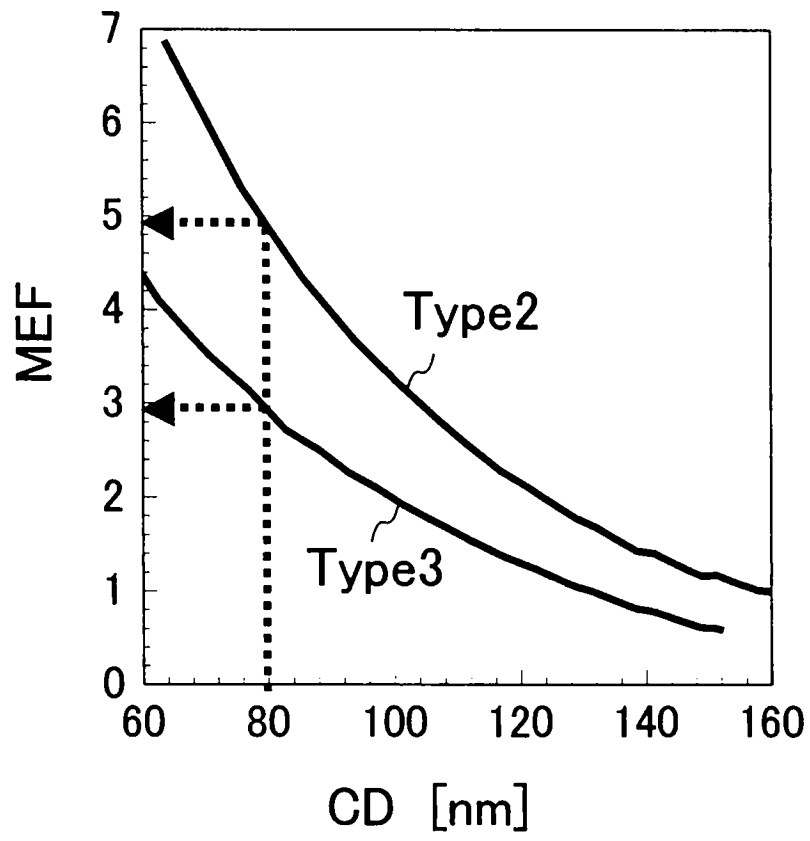


图 14

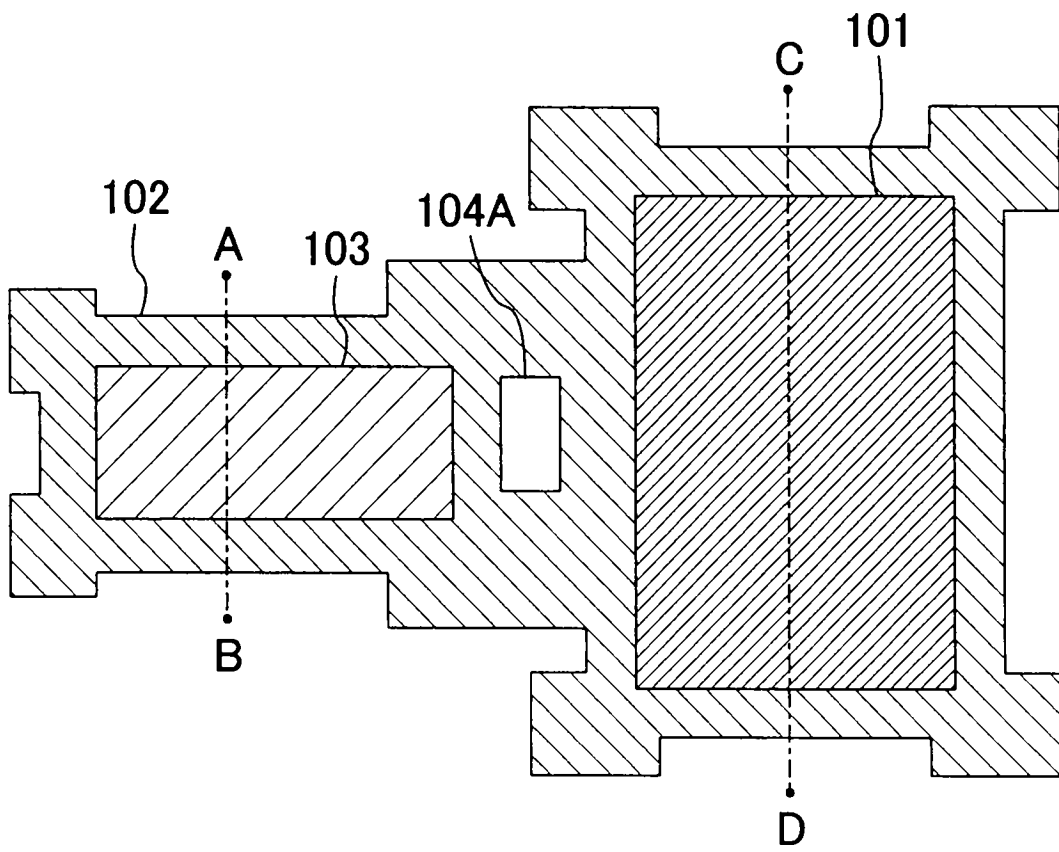


图 15

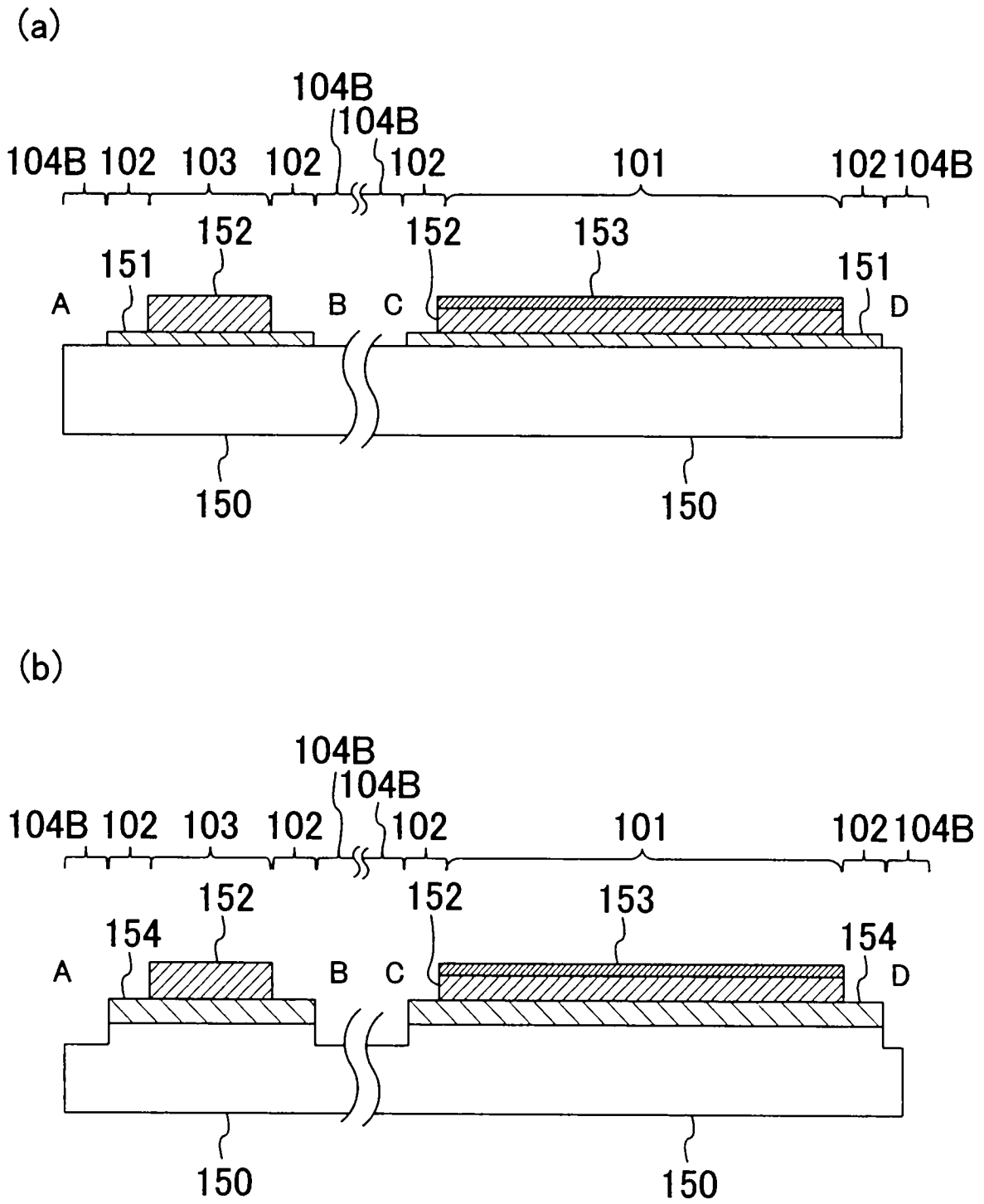


图 16

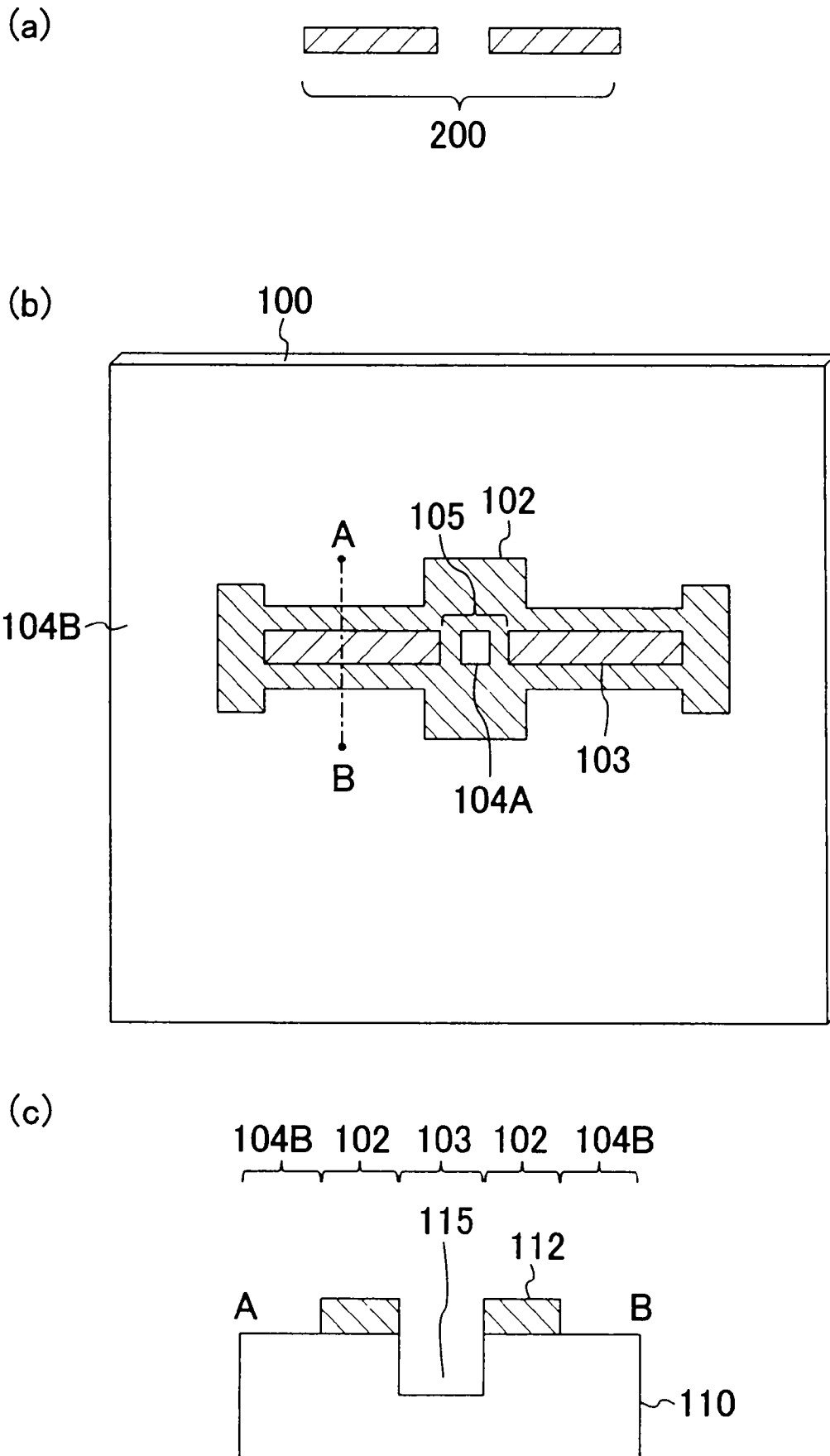


图 17

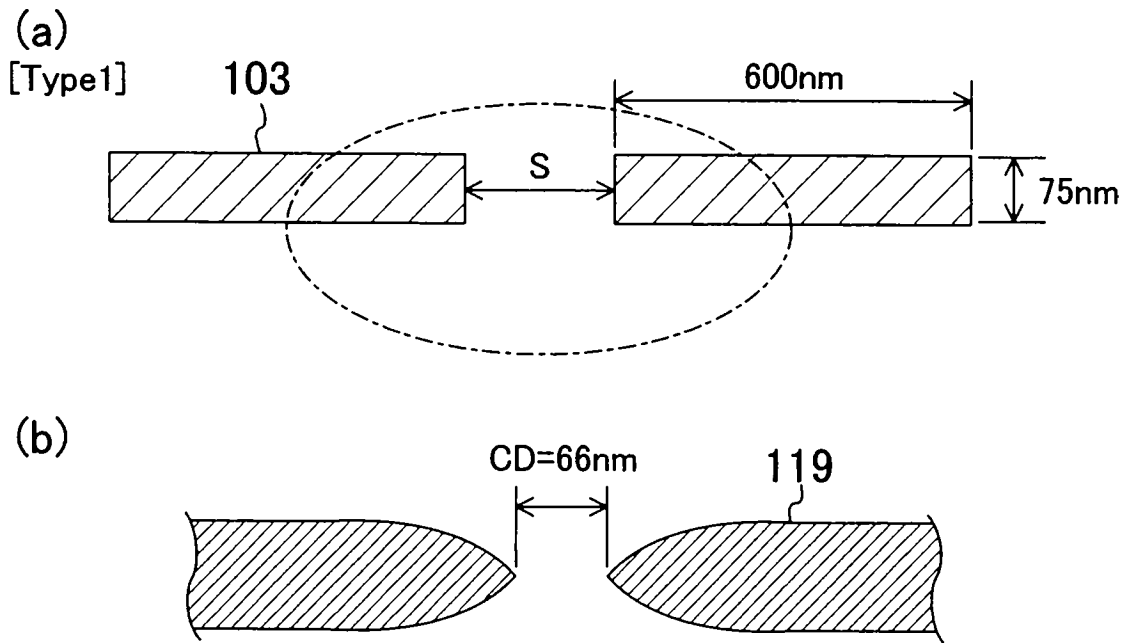


图 18

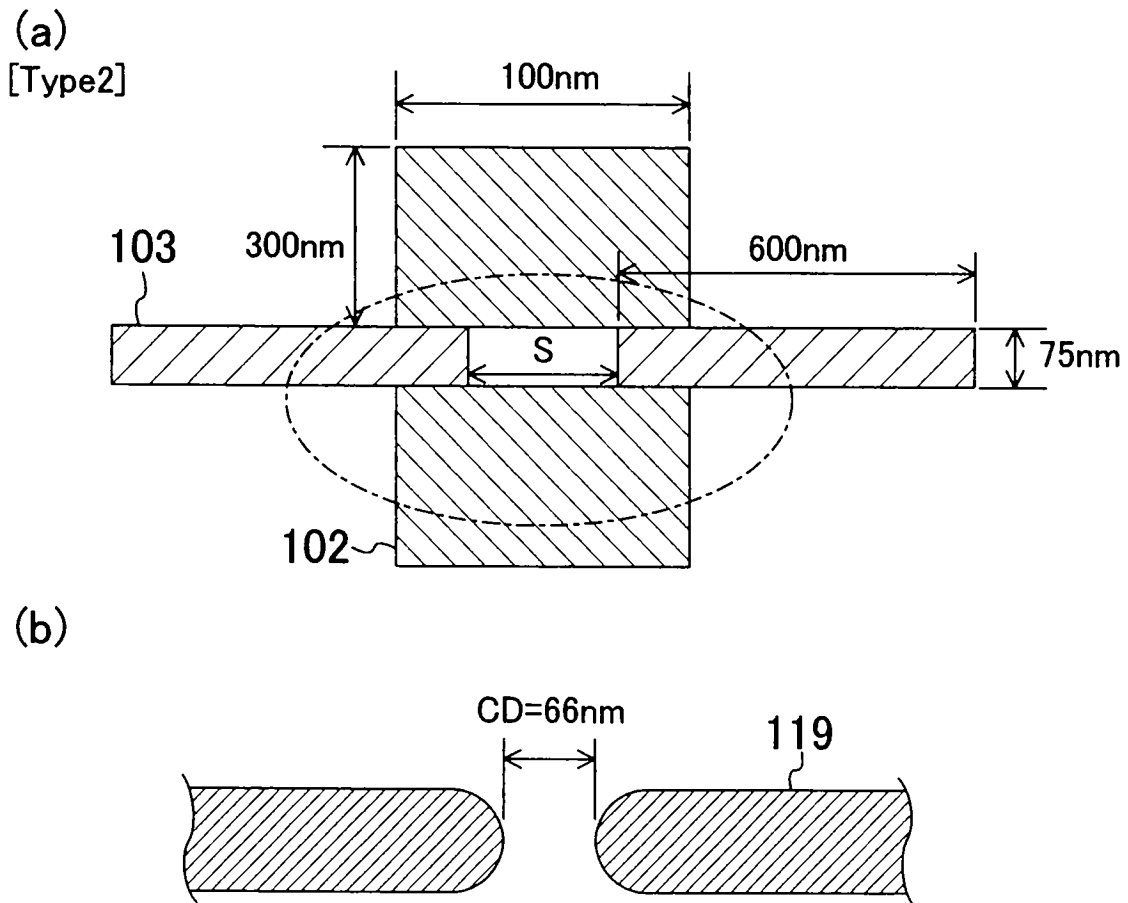


图 19

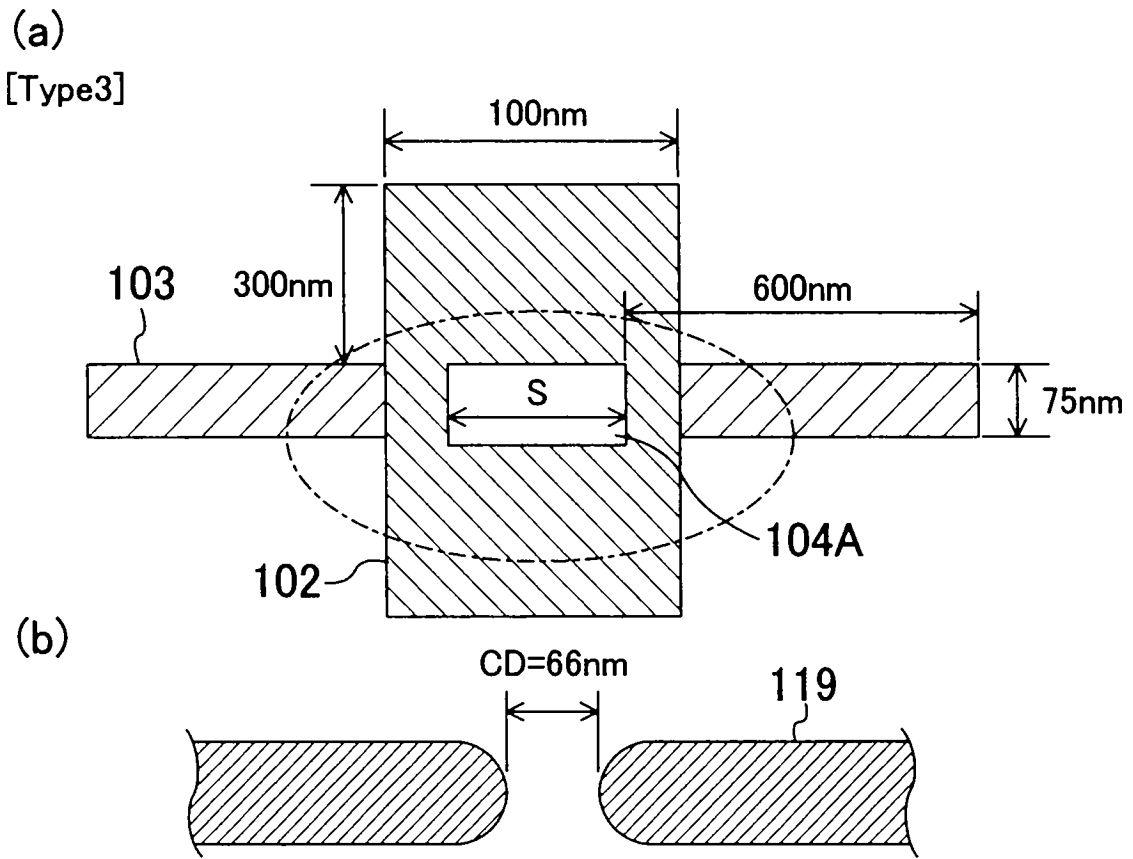


图 20

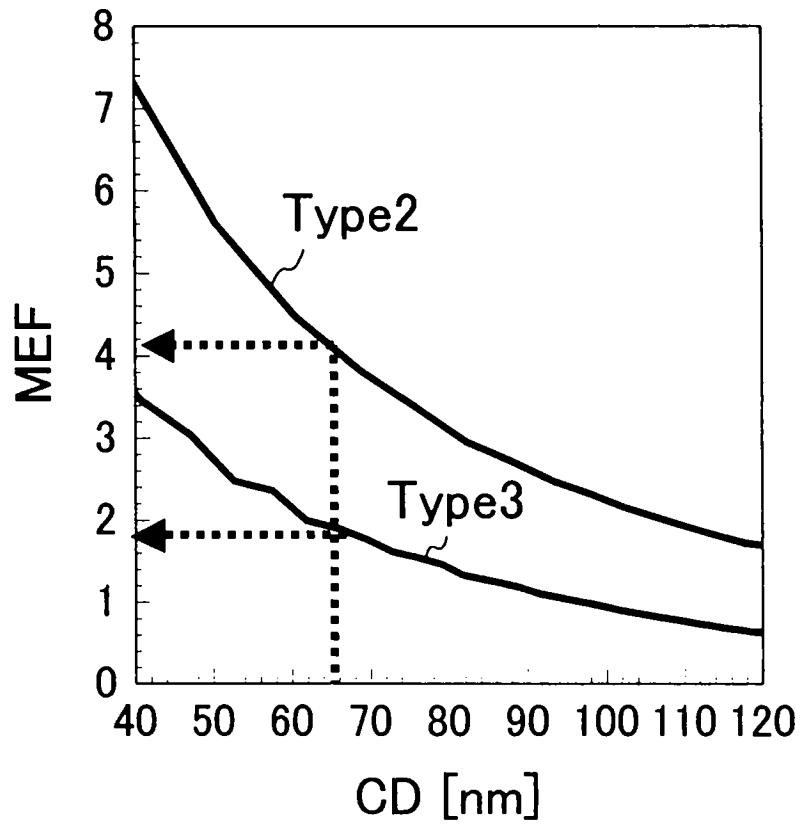


图 21

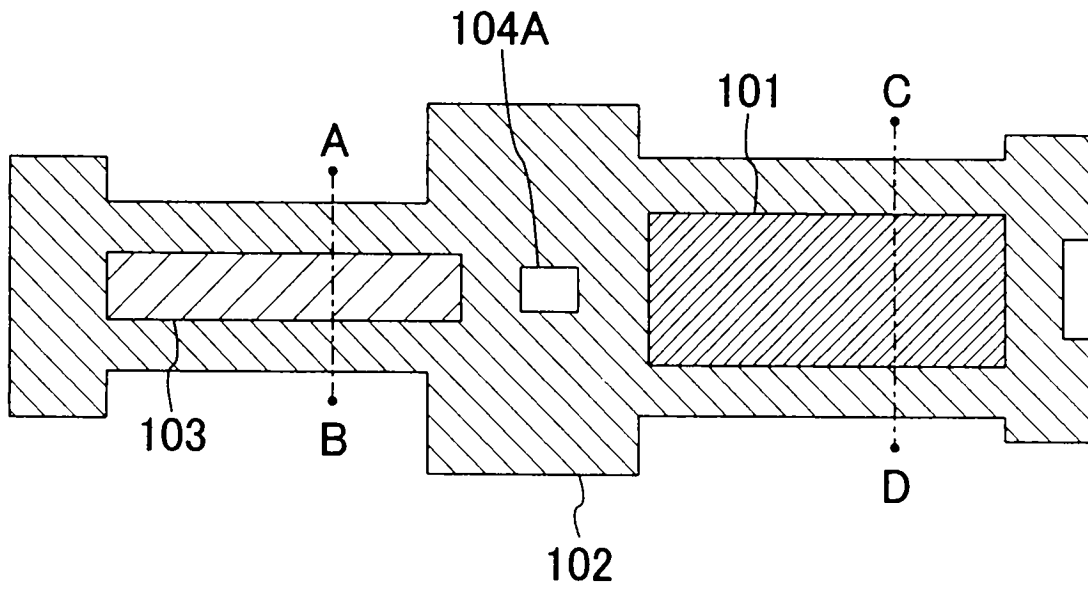


图 22

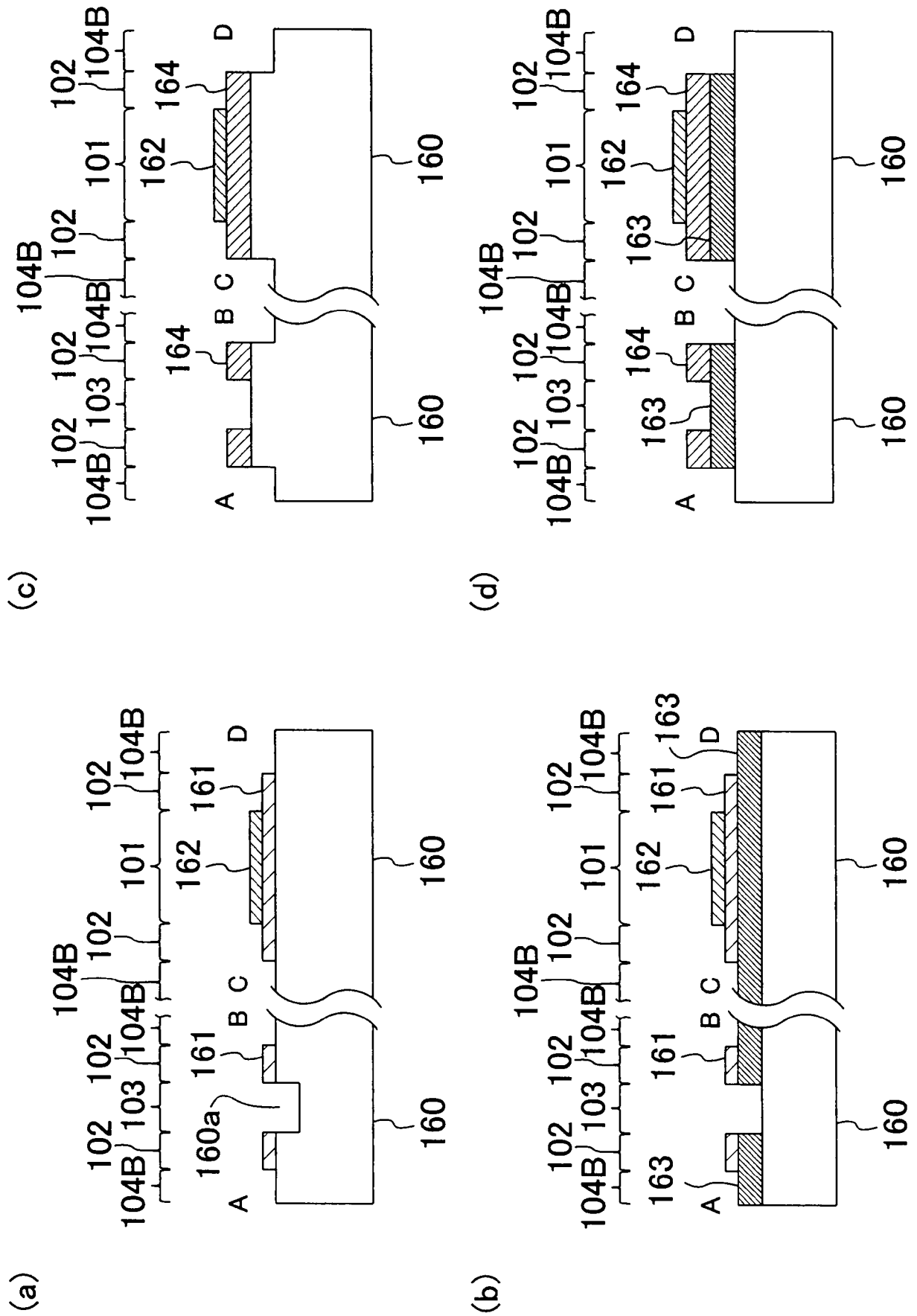


图 23

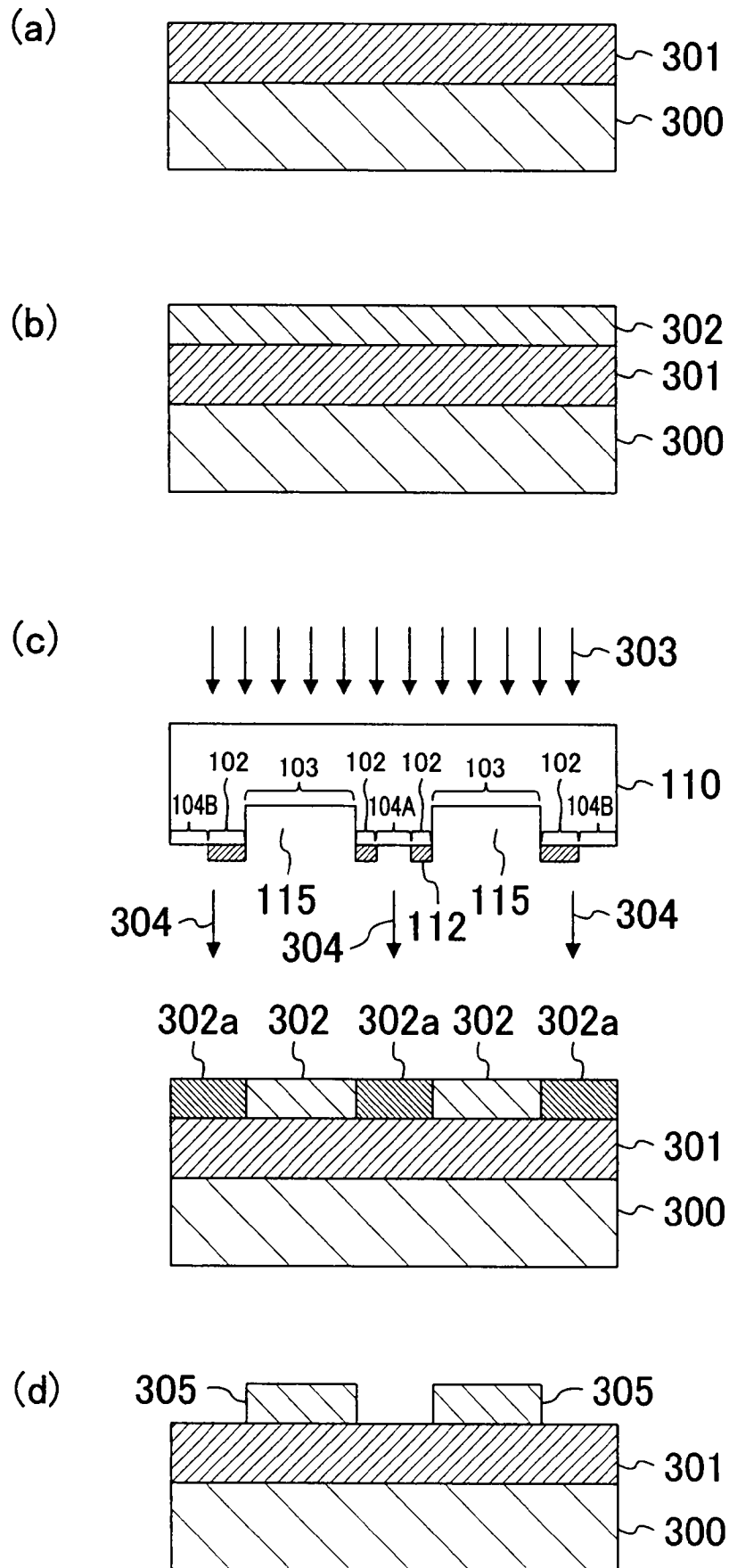
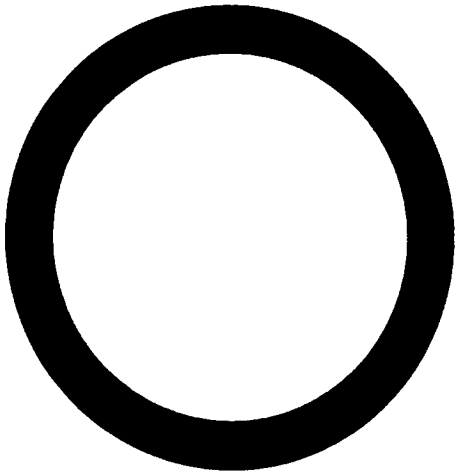


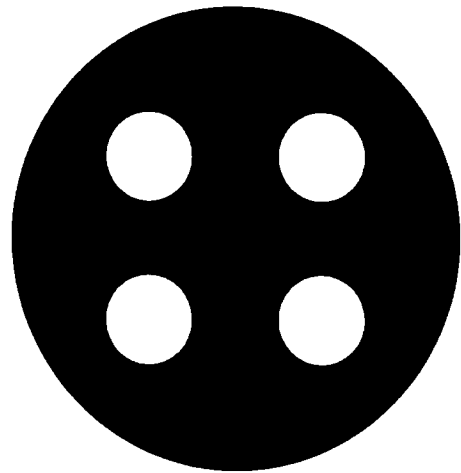
图 24

(a)



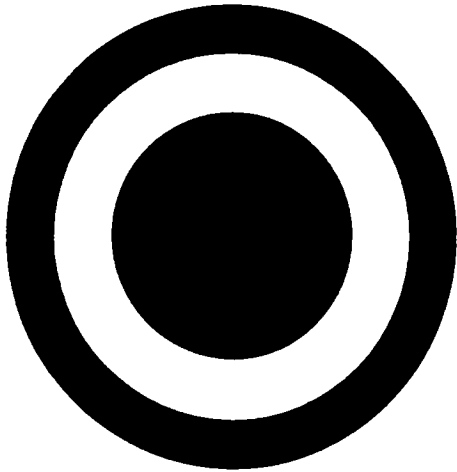
[普通曝光光源]

(c)



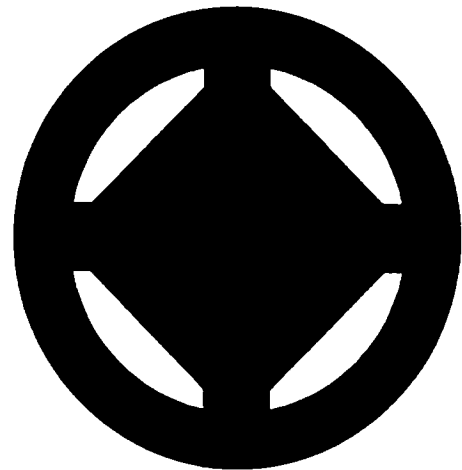
[四极曝光光源]

(b)



[环状曝光光源]

(d)



[环状-四极混合型曝光光源]

图 25

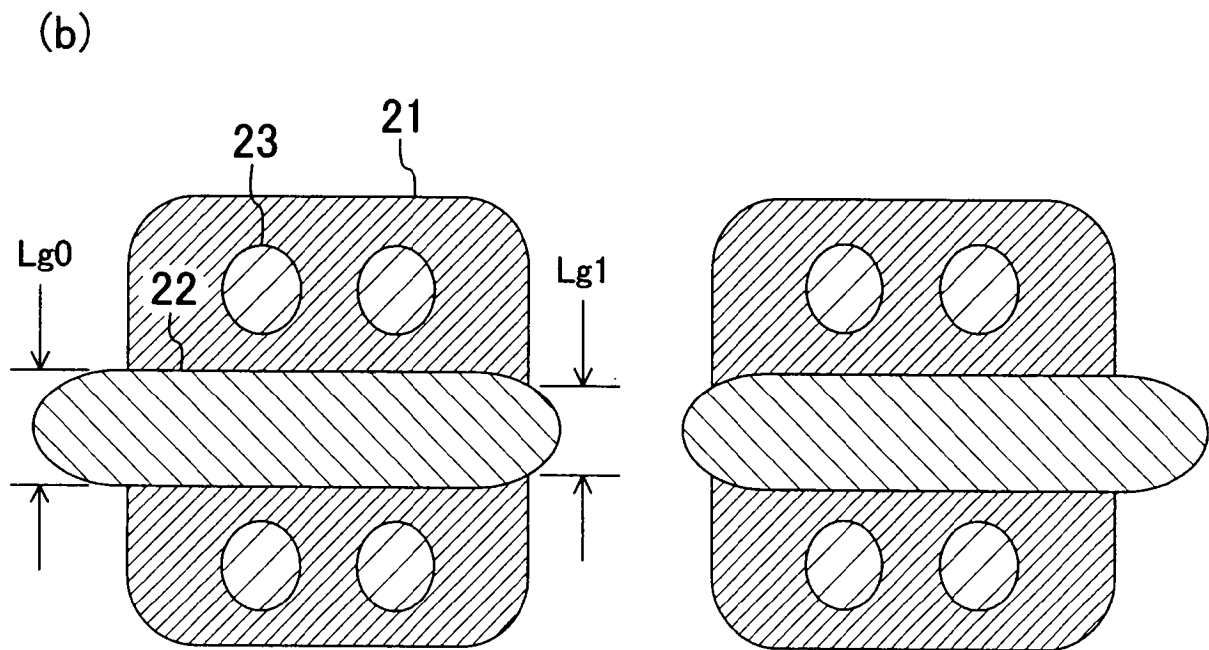
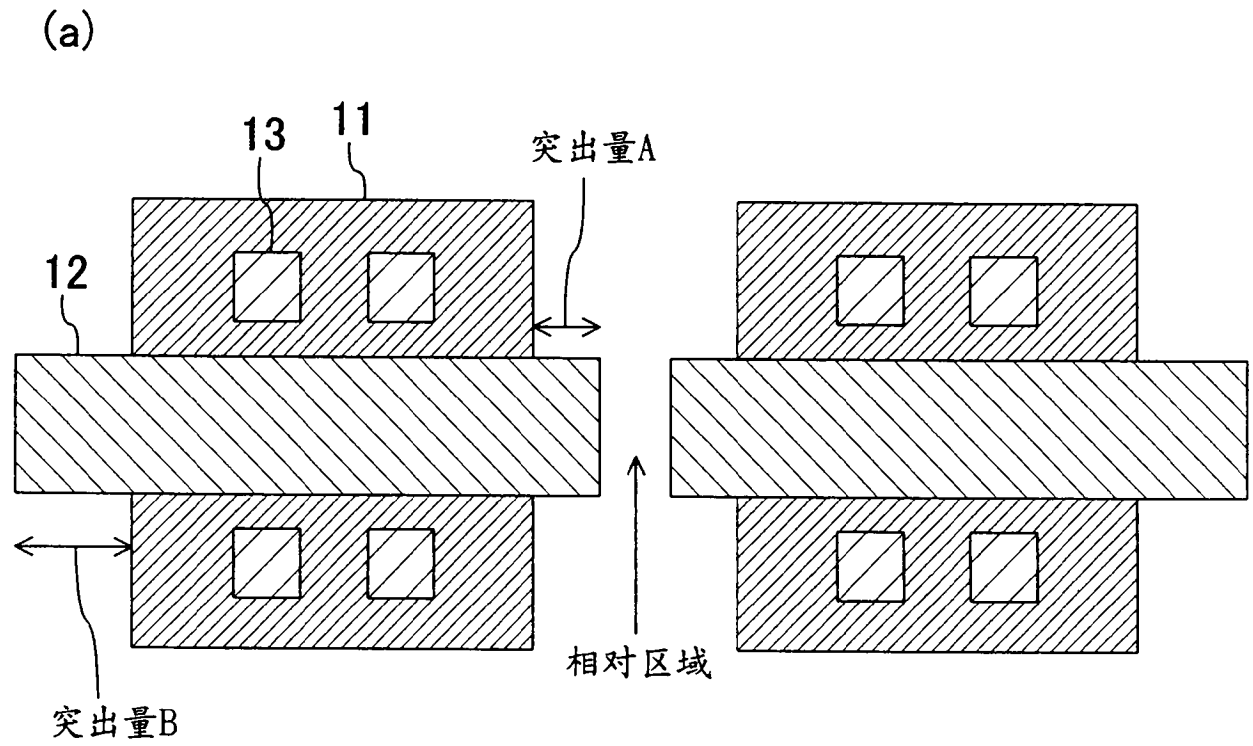


图 26

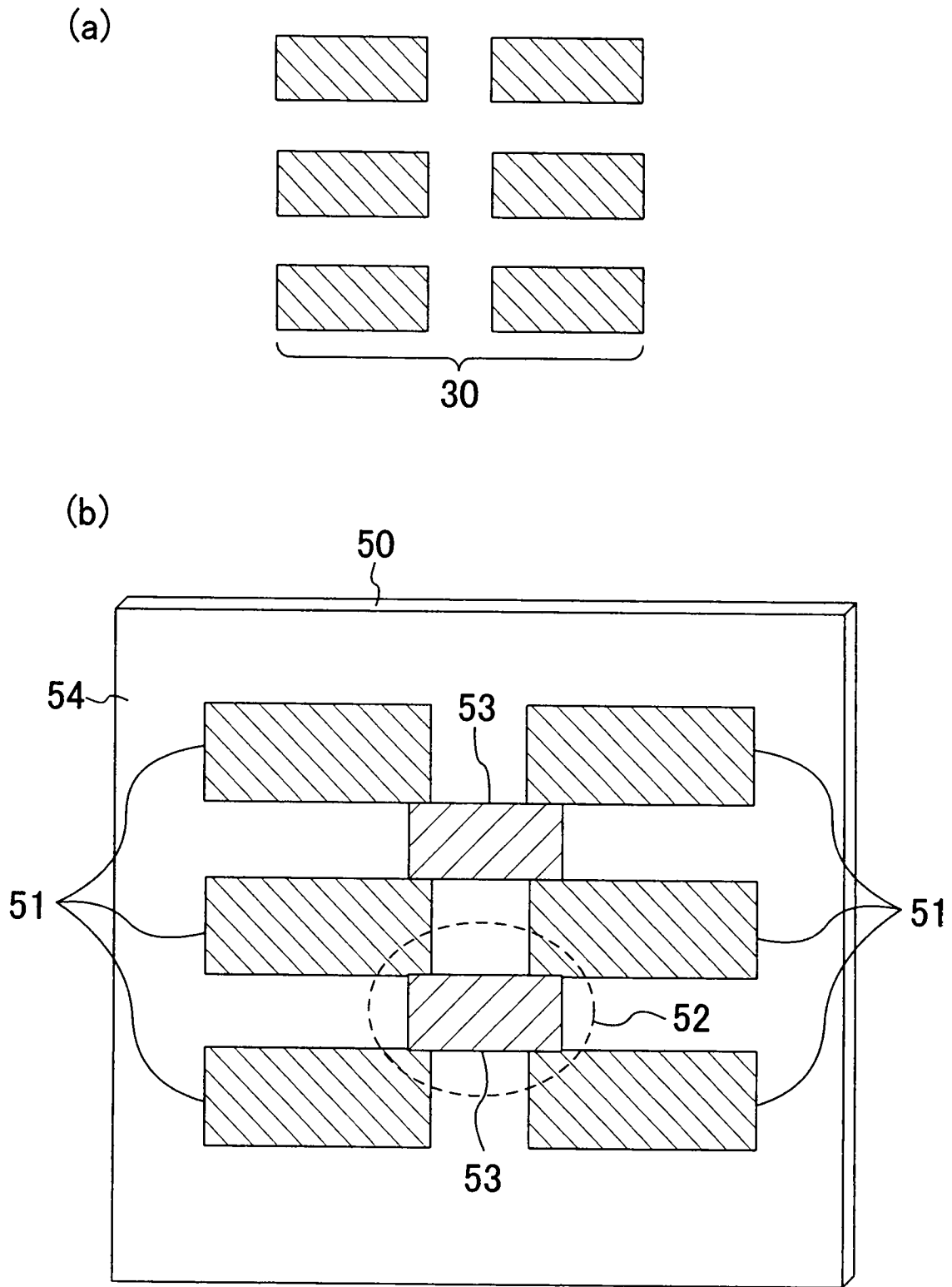


图 27

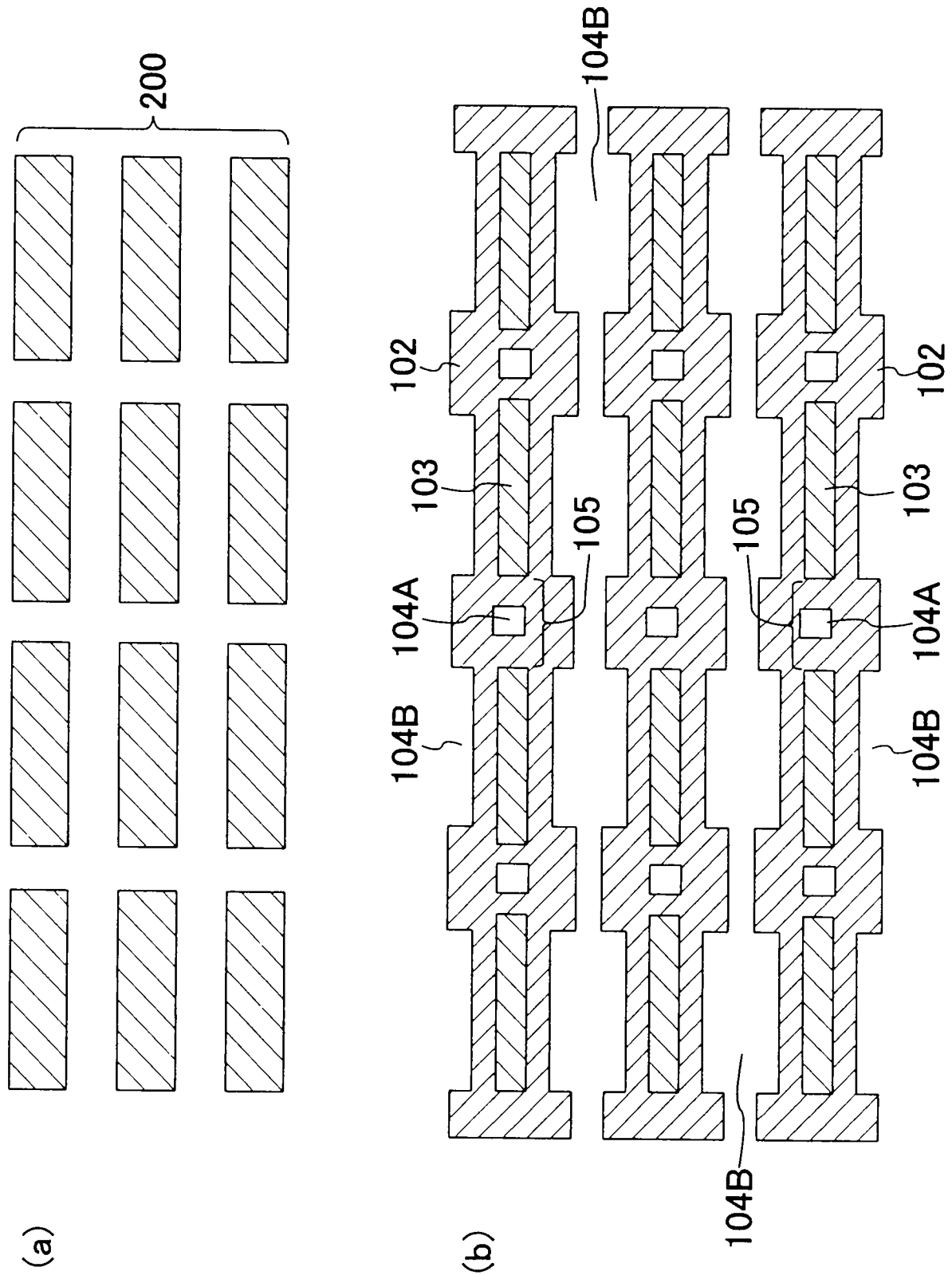


图 28

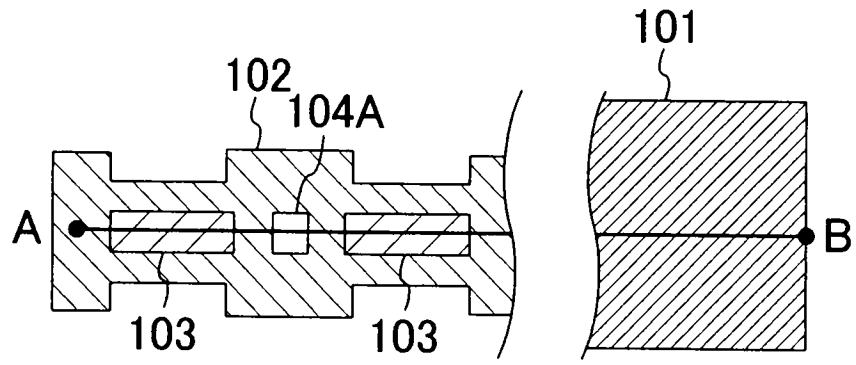


图 29

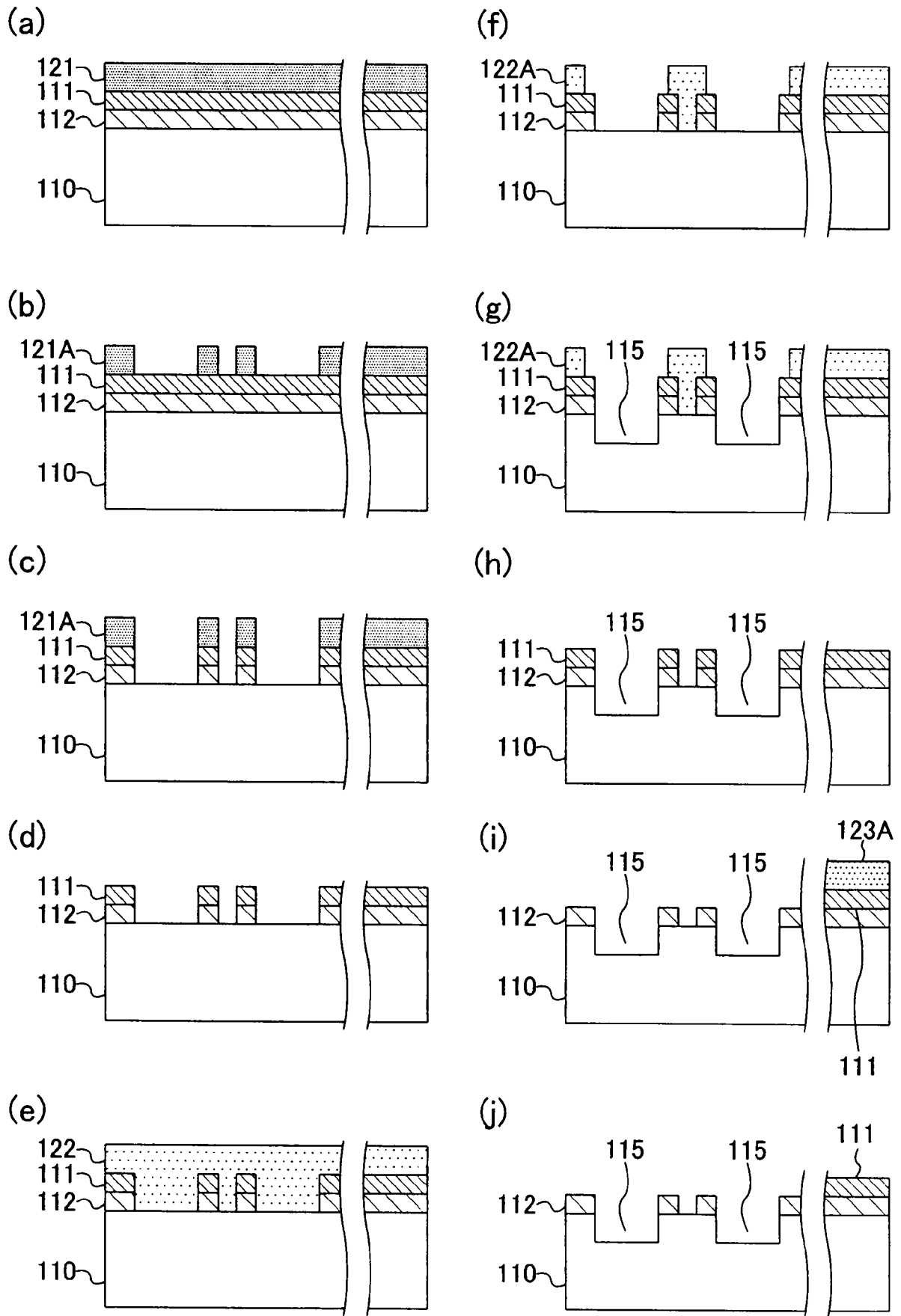


图 30

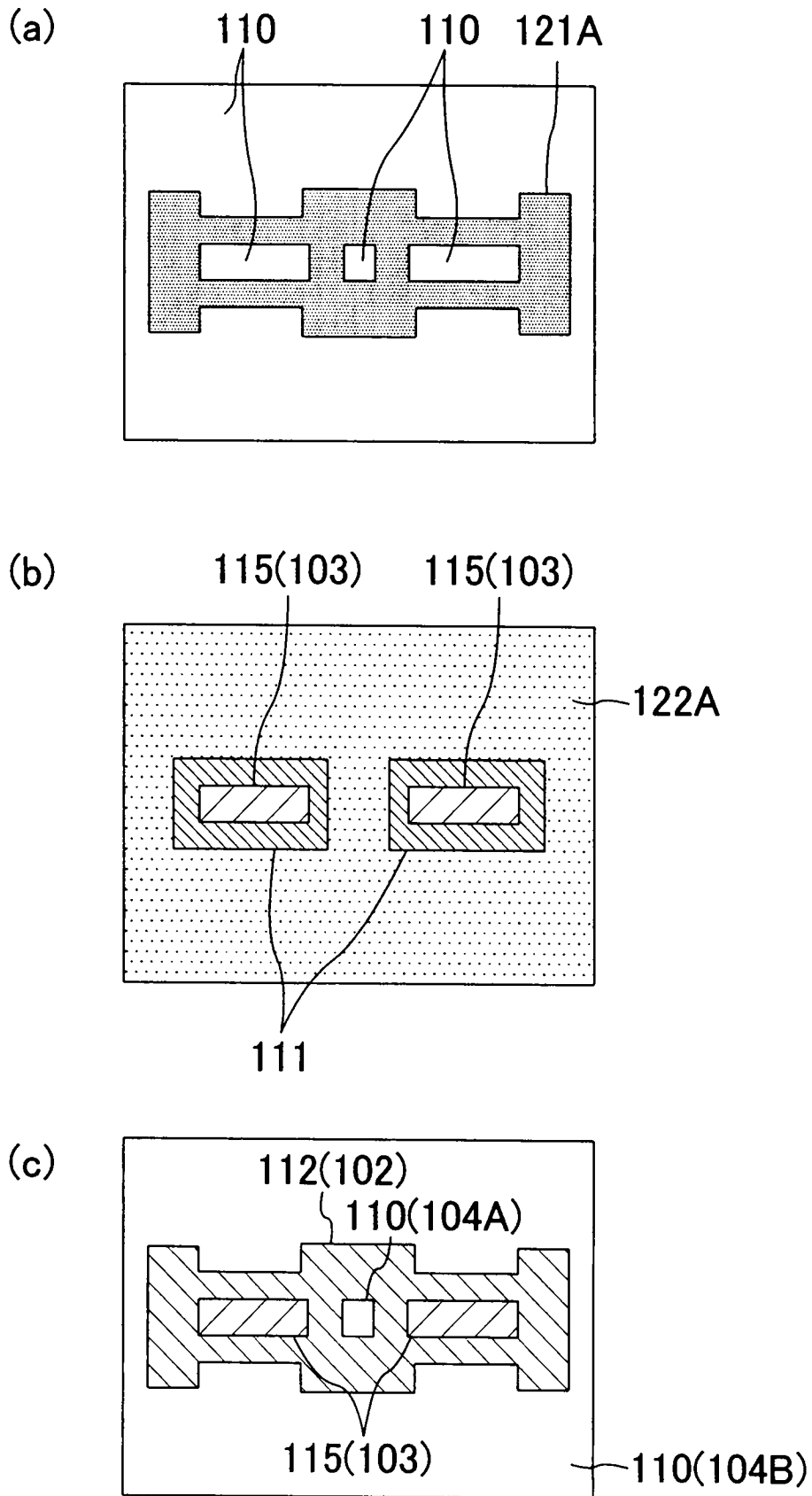


图 31