

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G03F 1/08 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780000467.4

[43] 公开日 2008年12月10日

[11] 公开号 CN 101322072A

[22] 申请日 2007.2.27

[21] 申请号 200780000467.4

[30] 优先权

[32] 2006.3.6 [33] JP [31] 059602/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/053602 2007.2.27

[87] 国际公布 WO2007/102337 日 2007.9.13

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.6

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 三坂章夫

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

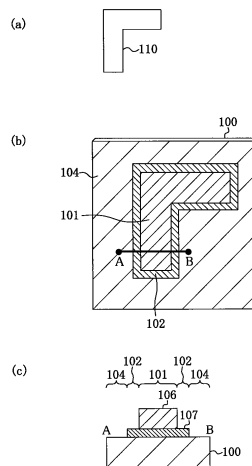
权利要求书 5 页 说明书 47 页 附图 36 页

## [54] 发明名称

光掩膜、其制造方法、使用该光掩膜的图形形成方法、以及光掩膜的数据作成方法

## [57] 摘要

课题：同时形成含有细线图形的各种尺寸图形时，对任意尺寸的图形形成能够获得掩膜误差因子 (MEF) 降低效果。解决方法：对曝光光具有透光性的透射性基板 100 上，使得由遮光部 101 和半遮光部 102 构成的掩膜图形被设置为由透光部 104 围绕。半遮光部 102 被配置在掩膜图形的外缘区域，对透射透光部 104 的曝光光为同相位并且部分地使曝光光透射。



1. 一种光掩膜,在对曝光光具有透光性的透射性基板上设有掩膜图形,其特征在于:

上述掩膜图形具有遮光部和半遮光部;

透光部被设在上述透射性基板上,该透光部围绕上述掩膜图形并且对上述曝光光具有透光性;

上述半遮光部,被配置在上述掩膜图形的外缘区域的至少一部分,而对于透射过上述透光部的上述曝光光以同相位并且使上述曝光光部分地透射。

2. 根据权利要求1所述的光掩膜,其特征在於:

上述掩膜图形,至少由具有第一宽度的第一图形区域、和具有大于上述第一宽度的第二宽度的第二图形区域构成;

在上述第一图形区域设有移相器部,该移相器部对透射过上述透光部的上述曝光光以相反相位使上述曝光光透射;

在上述第二图形区域设有上述遮光部;

至少在上述第二图形区域的外缘区域设有上述半遮光部。

3. 根据权利要求2所述的光掩膜,其特征在於:

在上述第一图形区域的外缘区域也设有上述半遮光部。

4. 根据权利要求2所述的光掩膜,其特征在於:

上述移相器部被设置为与上述遮光部的规定部分连接;

上述半遮光部被设置为与上述遮光部的上述规定部分以外的部分连接。

5. 根据权利要求2所述的光掩膜,其特征在於:

在上述第一图形区域的外缘区域的至少一部分不设置上述半遮光部。

6. 根据权利要求2所述的光掩膜,其特征在於:

在上述移相器部和上述遮光部连接的状态下使该两部分为上述半遮光部所围绕。

7. 根据权利要求2所述的光掩膜,其特征在於:

在上述移相器部和上述遮光部之间设置有上述半遮光部的一部分。

8. 根据权利要求 2 所述的光掩膜, 其特征在于:

上述移相器部和上述遮光部各自个别为上述半遮光部所围绕。

9. 根据权利要求 8 所述的光掩膜, 其特征在于:

上述半遮光部, 具有在上述移相器部端部所设的锤状的图形、以及在上述遮光部的角部所设饰纹图形的至少其中一个图形。

10. 根据权利要求 2 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;

上述移相器部由设在上述半遮光膜的开口部构成。

11. 根据权利要求 10 所述的光掩膜, 其特征在于:

使得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。

12. 根据权利要求 2 所述的光掩膜, 其特征在于:

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

13. 根据权利要求 2 所述的光掩膜, 其特征在于:

上述第一宽度为 $M \times \lambda / NA$ 以下,  $\lambda$ 为上述曝光光波长,  $M$ 和 $NA$ 为曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径。

14. 根据权利要求 1 所述的光掩膜, 其特征在于:

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

15. 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 4%以上并且在 64%以下。

16. 根据权利要求 1 所述的光掩膜, 其特征在于:

上述半遮光部对上述曝光光的透射率在 10%以上并且在 40%以下。

17. 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。

18. 根据权利要求 1 所述的光掩膜, 其特征在于:

在上述掩膜图形的上述外缘区域所设的上述半遮光部的宽度为 $M \times \lambda / NA$ 以下( $\lambda$ 为上述曝光光波长,  $M$ 和 $NA$ 为曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径)。

19. 根据权利要求1所述的光掩膜，其特征在于：

在上述掩膜图形周边隔着上述透光部设置有其他的半遮光部。

20. 根据权利要求19所述的光掩膜，其特征在于：

位于上述掩膜图形的上述外缘区域所设的上述半遮光部和上述其他的半遮光部之间的上述透光部宽度为  $M \times \lambda / NA$  以下 ( $\lambda$  为上述曝光光波长,  $M$  和  $NA$  为曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径)。

21. 根据权利要求19所述的光掩膜，其特征在于：

上述其他的半遮光部对上述曝光光的透射率在 25% 以上。

22. 根据权利要求21所述的光掩膜，其特征在于：

上述其他的半遮光部的宽度为  $M \times \lambda / NA$  以上,  $\lambda$  为上述曝光光波长,  $M$  和  $NA$  为曝光机的缩小投影光学系的缩小倍率及数值孔径。

23. 根据权利要求1所述的光掩膜，其特征在于：

在上述掩膜图形的整个上述外缘区域设有上述半遮光部，

上述遮光部为上述半遮光部所围绕。

24. 根据权利要求23所述的光掩膜，其特征在于：

上述掩膜图形，还具有被上述遮光部围绕的其他半遮光部。

25. 根据权利要求23所述的光掩膜，其特征在于：

上述掩膜图形的上述半遮光部的周缘由上述透光部围绕；

上述透光部的周缘由在上述透射性基板上所设的其他半遮光部围绕。

26. 根据权利要求23所述的光掩膜，其特征在于：

上述掩膜图形具有多角形；

上述掩膜图形的各边由与该各边相对并且构成上述透光部的多个矩形图形所围绕。

27. 一种光掩膜，以掩膜图形由反射部围绕的方式被设置于基板，其特征在于：

上述掩膜图形具有非反射部和半反射部；

上述半反射部，被设置在上述掩膜图形的外缘区域的至少一部分，对于在上述反射部被反射的曝光光以同相位并且使上述曝光光部分地反射。

28. 根据权利要求27所述的光掩膜，其特征在于：

上述掩膜图形，至少由具有第一宽度的第一图形区域、和具有大于上

述第一宽度的第二宽度的第二图形区域构成；

在上述第一图形区域设有移相器部，对上述反射部所反射的上述曝光光以相反相位反射上述曝光光；

在上述第二图形区域设有上述非反射部；

至少在上述第二图形区域的外缘区域设有上述半反射部。

29. 根据权利要求 28 所述的光掩膜，其特征在于：

在上述第一图形区域的外缘区域也设置有上述半反射部。

30. 根据权利要求 2 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依序形成半遮光膜及遮光膜；

工序 b，除去分别位于成为上述透光部的区域、以及成为上述移相器部的区域的上述半遮光膜和上述遮光膜；

工序 c，上述工序 b 之后将位于成为上述移相器部区域的上述透射性基板下挖规定的深度；

工序 d，上述工序 b 之后，除去位于成为上述半遮光部的区域的上述遮光膜。

31. 使用权利要求 1~29 中任一项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，将照射了上述曝光光的上述抗蚀膜加以显影成掩膜图形。

32. 根据权利要求 31 所述的图形形成方法，其特征在于：

在上述工序 b 采用离轴照明法。

33. 一种光掩膜的光掩膜数据的作成方法，该光掩膜具有在对曝光光有透光性的透射性基板上被形成的掩膜图形、和在上述透射性基板没有形成上述掩膜图形的透光部，其特征在于，该方法包括：

工序 a，形成图形，该图形对应着通过隔着上述光掩膜对抗蚀剂照射上述曝光光而形成的上述抗蚀剂的所要非感光区域；

工序 b，将上述图形分类为具有规定值以下宽度的第一区域、和具有大于上述规定值宽度的第二区域；

工序 c，在上述第一区域内部设置移相器部，该移相器部以与透射过

上述透光部的上述曝光光为相反的相位并使上述曝光光透射；

工序 d，在上述第二区域内部设置遮光部；

工序 e，在上述第二区域的外缘区域设置半遮光部，该半遮光部对透射过上述透光部的上述曝光光为同相位并且使上述曝光光部分地透射。

34. 根据权利要求 33 所述的光掩膜数据作成方法，其特征在于：

进一步具有以下工序，即：在上述第一区域的外缘区域设置上述半遮光部。

35. 根据权利要求 33 所述的光掩膜数据作成方法，其特征在于：

进一步具有制造掩膜图形的工序，该工序在设定上述半遮光部之后，通过分割、以及/或是移动上述半遮光部的轮廓，制造能够实现所要的抗蚀图形的掩膜图形。

36. 根据权利要求 33~35 中的任一项所述的光掩膜数据作成方法，其特征在于：

进一步具备以下工序，即：在上述图形周边隔着上述透光部设置其他的半遮光部。

光掩膜、其制造方法、使用该光掩膜的图形形成方法、  
以及光掩膜的数据作成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在制造半导体集成电路装置等所使用的细微图形形成用的光掩膜、使用该光掩膜的图形形成方法、以及该光掩膜的数据作成方法。

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)的高集成电路化,线路图形的细微化的必要性增加。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,有关向来的光曝光系统的线路图形的细线化,以使用正型抗蚀工艺作为例子进行说明。这里,线状图形是抗蚀膜不会因曝光光而感光的部分,换句话说,也就是显影以后仍然残留的光掩膜部分(掩膜图形)。并且,所谓空间图形,是在抗蚀膜的因曝光光而感光的部分,也就是显影而抗蚀剂被除去成为开口的部分(光掩膜除去图形)。并且,如果使用负型抗蚀工艺替换为正型抗蚀工艺,将前述的线状图形及空间图形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。在这样的光掩膜中,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。因此,在本发明中讨论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,光掩膜的遮光部与光掩膜的非感光部对应,同时光掩膜的开口部(透光部)与光掩膜的感光部对应,结果,在晶片上能形成所要的掩膜图形。因此,对于这一类的光掩膜,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,称为二维式光掩膜。

[0006] 然而,使用前述二维式用光掩膜以高尺寸精度形成曝光波长(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,而无法获得鲜明的影像。结果使得光掩膜上的图形尺寸误差在光的投影像中遭到强调,以所要的尺寸精度进行图形形成也将变得困难。这样的现象被称为MEF(光掩膜误差因子)的增加。由于近年在LSI要求以高精度的尺寸控制图形形成,因此MEF的降低成为特别重要的课题。

[0007] 这里,近几年,具有反转光相位机能的掩膜图形、即设有移相器(phase shifter)的光掩膜(相移光掩膜)受到利用。相移光掩膜是,在向来的光掩膜中使用遮光部的图形区域,使用与透光部反相位而使光透射的移相器。通过这样的结构,根据透射过移相器的相反相位的光,使得透射透光部的光中的0次光因干涉效果而被解消,由此能够形成对比高的光学像。结果,也将能够抑制MEF的增加。

[0008] 在使用移相器来形成细线图形时,该移相器的透射率愈高愈理想,最好是理想地与透光部为相同的透射率(100%)。但是,使用高透射率的移相器来形成线宽粗的图形时,透射过该移相器中央部的反相位的光将被转印到光掩膜。因这是了同时形成从细线图形到较粗线宽的图形,使用了使反相位的光部分透射的半色调(half tone)移相器(典型的具有6%左右的透射率)。半色调移相器,在形成较粗线宽的图形时由于只使光部分透射,因此不会发生透射过该移相器中央部的反相位的光被转印到光掩膜上的问题。

[0009] 进一步地,以下的这一类的光掩膜也被提出,也就是通过使用移相器来形成细线图形同时使用遮光部来形成较粗线宽的图形能够同时



形成从细线图形到较粗线宽的图形的光掩膜(譬如参照专利文献1)。

[0010] 图 36(a)是专利文献 1 所公开的使用向来的光掩膜形成所要图形的图, 图 36(b)是该向来光掩膜的平面图。

[0011] 如图 36(a)所示, 以曝光在晶片上想要形成的所要图形 20 是由细线图形与较宽图形构成。并且, 如图 36(b)所示, 在透射性基板 10 上足够宽广的区域设有透光部 14, 同时, 在透光部 14 的与所要图形 20 对应的位置, 设有由遮光部 11 和移相器部 13 构成的掩膜图形。并且, 在图 36(b), 有关透射性基板 10 示出为斜视图。这里, 在形成具有曝光波长以下宽度的细微图形(图形 A), 使用对曝光光具有高透射率的移相器部 13, 在形成具有充分大于曝光波长的宽度的图形(图形 B), 使用遮光部 11 或是对曝光光具有低透射率的移相器部。由此, 由于在形成具有曝光波长以下宽度的细微图形 A 也能够获得高对比, 因此, 将能够获得含有细线图形的所要图形 20 的分辨率。换句话说, 能够以高分辨率形成所要图形 20。并且, 在形成具有充分大于曝光波长的宽度的图形 B, 使用遮光部 11 作为掩膜图形, 因此, 能够防止光透射过掩膜图形内的副作用引起的对比下降而良好地进行图形形成。

【专利文献 1】

日本特开平 5-297565 号公报

【专利文献 2】

日本特开平 7-271013 号公报

## 发明内容

[0012] 解决课题

如上述说明的, 通过使用半色调移相器的向来光掩膜、或是在形成细线图形使用移相器并且在形成较粗线宽的图形使用遮光部的向来光掩膜, 能够同时形成包含细微图形的各种尺寸的图形。

[0013] 然而, 与单纯使用遮光部的光掩膜相比, 使用这些向来光掩膜, 并不是就能够在形成任意尺寸的图形时能够降低 MEF。其理由如下。

[0014] 首先, 使用了半色调移相器的向来光掩膜, 在形成较粗图形时为了防止透射过该移相器中央部的光引起的图形转印, 使得半色调移相

器对曝光光的透射率为低,因此将牺牲在细线图形形成上的光学像的对比。换句话说,与对曝光光具有 100%透射率的移相器相比,在细线图形形成时的 MEF 降低效果变低。并且,相反地,在形成较粗线宽图形时对比将会下降,与单纯使用遮光部的向来光掩膜相比几乎无法获得改善 MEF 的效果。

[0015] 并且,在形成细线图形使用具有 100%透射率的移相器、并且在形成较粗线宽图形使用遮光部的向来光掩膜,虽然在形成具有极为限定范围的尺寸的细线图形时具有极大的 MEF 降低效果,但是在其以外的尺寸图形形成上,与单纯使用遮光部的向来光掩膜相比几乎没有获得改善 MEF 的效果。

[0016] 有鉴于上述,本发明的目的在于:提供一种光掩膜、使用该光掩膜的图形形成方法、以及该光掩膜的数据作成方法,而能够在同时形成含有细线图形的各种尺寸的图形时,对任意尺寸的图形形成能够获得 MEF 降低效果,并且由此能够精度良好地形成所要尺寸的图形。

#### 解决方法

[0017] 为了达成上述目的,本发明的第一光掩膜,是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,上述掩膜图形具有遮光部和半遮光部,该透光部围绕上述掩膜图形并且对上述曝光光具有透光性而被设在上述透射性基板上;上述半遮光部,被配置在上述掩膜图形的外缘区域的至少一部分,而对于透射过上述透光部的上述曝光光以同相位并且使上述曝光光部分透射。

[0018] 有关本发明的第二光掩膜,是一种设置在基板上、使得掩膜图形由反射部围绕的光掩膜,上述掩膜图形具有非反射部和半反射部,上述半反射部,被设置在上述掩膜图形的外缘区域的至少一部分,对于在上述反射部被反射的曝光光以同相位并且使上述曝光光部分反射。

[0019] 本发明的光掩膜的制造方法,是制造本发明第一光掩膜的方法;在本发明的第一光掩膜,上述掩膜图形至少由具有第一宽度的第一图形区域和具有大于上述第一宽度的第二宽度的第二图形区域构成,在上述第一图形区域设有移相器部,该移相器部对于透射过上述透光部的上述曝光光以相反相位并使上述曝光光透射,在上述第二图形区域设有上述遮光部,至少在上述第二图形区域的外缘区域设有上述半遮光部;制造方法包

括：工序 a，在上述透射性基板上依序形成半遮光膜及遮光膜；工序 b，除去分别位于成为上述透光部的区域以及成为上述移相器部的区域的上述半遮光膜和上述遮光膜；工序 c，上述工序 b 之后将位于成为上述移相器部区域的上述透射性基板下挖规定深度；工序 d，上述工序 b 之后，除去位于成为上述半遮光部的区域的上述遮光膜。

[0020] 本发明的图形形成方法是使用本发明的第一或是第二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，隔着上述光掩膜对上述抗蚀膜照射上述曝光光；工序 c，将照射了上述曝光光的上述抗蚀膜加以显影成抗蚀图形。

[0021] 本发明的光掩膜的数据作成方法为一种光掩膜的光掩膜数据的制造方法，该光掩膜具有在对曝光光有透光性的透射性基板上形成的掩膜图形、和在上述透射性基板没有形成上述掩膜图形的透光部；该方法包括：工序 a，形成图形，该图形对应通过隔着上述光掩膜对抗蚀剂照射上述曝光光而被形成的上述抗蚀剂的所要非感光区域；工序 b，将上述图形分类为具有小于规定值以下宽度的第一区域、和具有大于上述规定值宽度的第二区域；工序 c，在上述第一区域内部设置移相器部，该移相器部对于透射过上述透光部的上述曝光光以相反相位并使上述曝光光透射；工序 d，在上述第二区域内部设置遮光部；工序 e，在上述第二区域的外缘区域设置半遮光部，该半遮光部对透射过上述透光部的上述曝光光为同相位并且使上述曝光光部分透射。

#### 发明效果

[0022] 根据本发明，通过在掩膜图形的外缘区域或是其周边设置半遮光部，在同时形成包含细线图形的各种尺寸的图形时，对任意尺寸的图形形成将能够降低 MEF，而能够在晶片上精度良好地形成所要尺寸的图形。

#### 附图说明

[0023] 图 1(a) 是本发明第一实施例根据光掩膜想要形成的掩膜图形的形状图，图 1(b) 是本发明第一实施例的光掩膜平面图，图 1(c) 是与图 1(b) 的线段 AB 对应的部分的剖面图。

图 2(a) 是示出用来说明 MEF 的掩膜图形，图 2(b) 是示出将图 2(a) 的

掩膜图形曝光时根据模拟求得在晶片上形成的图形尺寸的结果,图 2(c)曲线是将根据模拟求得图 2(a)的抗蚀图形曝光时的 MEF 结果图。

图 3 是示出本发明第一实施例的掩膜图形在模拟时所使用的掩膜图形。

图 4 是示出根据模拟求得以本发明第一实施例的掩膜结构的 CD 值的结果图。

图 5 是示出根据模拟求得以本发明第一实施例的掩膜结构的 CD 值的结果图。

图 6(a)是示出本发明第一实施例的第一变形例中根据光掩膜想要形成的所要抗蚀图形的形状图,图 6(b)是本发明第一实施例的第一变形例的光掩膜平面图。

图 7(a)是示出本发明第一实施例的第二变形例中根据光掩膜想要形成的所要抗蚀图形的形状图,图 7(b)是示出本发明第一实施例的第二变形例的光掩膜平面图,图 7(c)是与图 7(b)的线段 AB 对应部分的剖面图。

图 8 是示出确认本发明第一实施例的第二变形例的光掩膜效果所使用的掩膜图形图。

图 9(a)是示出根据模拟求得以图 8 所示掩膜图形的光强度分布的结果图,图 9(b)是示出根据模拟图 8 所示掩膜图形的焦点特性的结果图。

图 10(a)是示出本发明第二实施例中根据光掩膜想要形成的所要抗蚀图形的形状图,图 10(b)是示出本发明第二实施例的光掩膜平面图,图 10(c)是与图 10(b)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面图。

图 11(a)是示出用来说明 MEF 的掩膜图形图,图 11(b)是示出根据模拟求得将图 11(a)的掩膜图形曝光时在晶片上形成的图形尺寸的结果图,图 11(c)是示出根据模拟求得将图 11(a)的掩膜图形曝光时的 MEF 结果图。

图 12(a)是示出用来说明 MEF 的掩膜图形图,图 12(b)是示出根据模拟求得将图 12(a)的掩膜图形曝光时在晶片上形成的图形尺寸的结果图。

图 13(a)是示出有关本发明第二实施例的掩膜图形在模拟中所使用的掩膜图形图,图 13(b)是示出根据模拟求得本发明第二实施例的掩膜图形的光掩膜构成对 CD 值及 MEF 带来的影响的结果图。

图 14(a)是示出有关本发明第二实施例的掩膜图形在模拟中所使用的

掩膜图形图，图 14(b)是示出根据模拟求得在本发明第二实施例的掩膜图形的半遮光部透射率对 MEF 带来的影响的结果图。

图 15(a)~(d)是示出有关本发明第二实施例的掩膜图形平面结构的变形图。

图 16(a)是示出对本发明第二实施例的掩膜图形进行根据半遮光部的掩膜尺寸修正的 OPC 处理的结果图，图 16(b)是示出以与本发明第二实施例相同的掩膜图形结构进行根据半遮光部的掩膜尺寸修正的 OPC 处理的结果图。

图 17(a)是示出本发明第三实施例中根据光掩膜想要形成的所要掩膜图形的形状图，图 17(b)是示出本发明第三实施例的光掩膜平面图，图 17(c)是与图 17(b)的线段 AB 对应部分的剖面图。

图 18(a)是示出确认本发明第三实施例的光掩膜效果的掩膜图形图，图 18(b)是示出根据模拟求得将图 18(a)的掩膜图形曝光时在晶片上形成的图形尺寸的结果图。

图 19 是示出本发明第三实施例的光掩膜平面结构的变形图。

图 20 是示出本发明第三实施例的光掩膜的平面结构的变形图。

图 21(a)是示出本发明第三实施例变形例根据光掩膜想要形成的所要抗蚀图形的形状图，图 21(b)是示出本发明第三实施例的变形例的光掩膜平面图，图 21(c)是与图 21(b)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面图。

图 22(a)是示出确认本发明第三实施例变形例中光掩膜效果的掩膜图形图，图 22(b)是示出根据模拟求得将图 22(a)的掩膜图形曝光时在晶片上形成的图形尺寸的结果图。

图 23 是示出本发明第三实施例的变形例的光掩膜平面结构的变形图。

图 24 是示出本发明第三实施例的变形例的光掩膜平面结构的变形图。

图 25 是示出本发明第三实施例的变形例的光掩膜平面结构的变形图。

图 26(a)~(d)是示出与图 21(b)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构变形图。

图 27(a)及(b)是示出与图 21(b)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构变形图。

图 28 是示出与图 21(b)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构变形图。

图 29(a)~(d)是示出本发明第 4 实施例中图形形成方法的各工序剖面图。

图 30(a)是示出作为范例的一般曝光用的光源图, 图 30(b)~(d)是示出离轴曝光用的光源图。

图 31 是示出本发明第 5 实施例的光掩膜数据的作成方法的基本流程图。

图 32(a)是示出根据本发明光掩膜想要形成的所要图形的例图, 图 32(b)是示出本发明第 5 实施例中光掩膜数据作成方法的一工序的具体掩膜图形制造例图。

图 33(a)及(b)是本发明第 5 实施例的光掩膜数据作成方法的各工序时具体的掩膜图形作成例图。

图 34(a)及(b)是示出本发明第 5 实施例的光掩膜数据作成方法各工序时具体的掩膜图形作成例图。

图 35 是示出本发明第 5 实施例的光掩膜数据作成方法的一工序的具体掩膜图形作成例图。

图 36(a)是示出根据向来光掩膜想要形成的所要抗蚀图形的形状图, 图 36(b)是向来的光掩膜平面图。

图 37 是根据本发明第二实施例的光掩膜制造方法想要形成的光掩膜平面图。

图 38(a)~(i)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(示出图 37 中 AB 线的剖面结构)。

图 39(a)~(f)是各自与图 38(b)、(c)、(e)、(f)、(h)和(i)的剖面图对应的平面图。

#### 符号说明

[0024] 100-透射性基板, 101-遮光部, 101'-非反射部, 102-半遮光部, 102'-半反射部, 103-移相器部, 103'-移相器部, 104-透光部, 104'-反射部, 105-石英基板, 105a-下挖部, 106-遮光膜(Cr 膜), 107-半遮光膜(金属薄膜), 108-移相膜, 109-移相膜, 110-掩膜图形, 120-所要图形, 130-掩膜图

形, 151-抗蚀膜, 151A-掩膜图形, 152-抗蚀膜, 152A-掩膜图形, 153-抗蚀膜, 153A-掩膜图形, 201-第一区域, 202-第二区域, 301-凹图形, 302-凸图形, 500-基板, 501-第一反射层, 502-第二反射层, 503-吸收层, 600-基板, 601-被加工膜, 602-抗蚀膜, 602a-潜影部分, 603-曝光光, 604-透射光掩膜的曝光光, 605-掩膜图形, 701~703-所要的图形, 711-第一图形区域, 712-第二图形区域, 721-移相器部, 722-遮光部, 723~725-半遮光部, 731~733-CD调整边, 821-移相器部, 822-遮光部, 823~825-半遮光部,

具体实施方式

[0025] (前提事项)

以下说明有关在说明本发明各实施例时的前提事项。

[0026] 一般, 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, 为了避免混乱, 在说明使与打算形成所要图形(譬如抗蚀图形)对应来说明光掩膜上的图形尺寸时, 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分之一的缩小投影系统中, 在以宽度M×100nm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为100nm。

[0027] 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,  $\lambda$ 表示曝光光波长。

[0028] 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。

[0029] 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工艺来说明。并且, 如果以负型

抗蚀工艺替换正型抗蚀工艺，则在负型抗蚀工艺，由于抗蚀剂的非感光区域遭到除去，只要将正型抗蚀工艺的抗蚀图形替换为空间图形就可以。

[0030] 并且，在本发明的各实施例中，作为光掩膜以透射型光掩膜为前提进行说明。并且，如果取代透射型光掩膜以反射型光掩膜为前提，则在反射型光掩膜中，透射型光掩膜的透光区域及遮光区域各自替换反射区域及非反射区域，因此，将透射型光掩膜的透射现象替换为反射现象就可以。具体来说，将透射型光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，将透光部或是透光区域替换为反射部或是反射区域，将遮光部替换为非反射部就可以。进一步地，将在透射型光掩膜的光部分透射的区域替换为在反射型光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，在反射型光掩膜中，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。

[0031] 并且，在以下的各实施例中讨论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，如果取代透射型光掩膜以反射型光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。

[0032] (第一实施例)

以下，参照附图来说明本发明第一实施例的光掩膜。

[0033] 图1(a)是示出所要的掩膜图形形状图，图1(b)是为第一实施例的光掩膜平面图。并且，图1(b)中，有关透射性基板是为斜视图性地示出。

[0034] 如图1(a)所示，所要图形为抗蚀图形110。

[0035] 如图1(b)所示，在透射性基板100上的足够宽广区域设有透光部104(透射性基板100的露出区域)。并且，在与根据曝光在晶片上将形成的抗蚀图形(所要的图形)110所对应位置的透射性基板100上，设有成为遮光部101和半遮光部102的掩膜图形。本实施例中，该掩膜图形的周缘部(外缘区域的整体)设置半遮光部102，同时，在该掩膜图形中心部



设置遮光部 101。换句话说，遮光部 101 被半遮光部 102 围绕。并且，本实施例的掩膜图形为用来实现降低在较粗线宽的图形形成时的 MEF。

[0036] 并且，所谓遮光部 101 为实质上不使光透射的部分。但是在实用上，遮光部 101 也可以是对曝光光有着 1%左右的透射率，不过即使在这样的情况下，遮光部 101 的效果为实质地与透射率为 0%的遮光部相等。并且，半遮光部 102 为使光部分透射的部分。换成另外一种说法，半遮光部 102 为，比起同时存在的遮光部 101 使光透射而且比起同时存在的透光部 104 不使光透射的部分。这里，透射过半遮光部 102 的光和透射过透光部 104 的光为同相位的关系(具体来说，两者相位差为  $(-30+360 \times n)$  度以上并且为  $(30+360 \times n)$  度以下(但  $n$  为整数)的关系)。

[0037] 图 1(c)示出图 1(b)平面图所示的光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说，图 1(c)，是显示对应图 1(b)所示线段 AB 的部分剖面结构。如图 1(c)所示，透光部 104 是透射性基板 100 的露出区域。作为透射性基板 100、譬如能够使用石英基板等。半遮光部 102，譬如能够通过将由 Mo 构成的金属薄膜 107 作为半遮光膜在透射性基板 100 上沉积加以形成。作为金属薄膜 107 的构成材料，除了 Mo 以外，譬如能够使用 Ta 等。具体来说，以厚度 10~30nm 左右的金属薄膜 107，能够对波长 193nm 的光实现 5~50%左右的透射率。遮光部 101，在金属薄膜 107 上譬如将 Cr 膜 106 作为遮光膜进一步层积来加以形成。具体来说，将厚度 50nm 左右的 Cr 膜 106 单独地在譬如石英基板的透射性基板 100 上沉积，将能够实现对于波长 193nm 的光具有 1%左右透射率的遮光部 101，并且，将厚度厚 100nm 左右的 Cr 膜 106 单独在譬如石英基板的透射性基板 100 上沉积，能够实现对于波长 193nm 的光具有未达 0.1%的透射率的遮光部 101。因此，能够如本实施例一样地，譬如在由 Mo 构成的金属薄膜 107 上层积 Cr 膜 106 时，能够实现实质上不使光透射的遮光部 101。

[0038] 以下，根据模拟结果，针对如上述般构成的本实施例的光掩膜，在晶片上形成图形时具有优良的图形形成特性、特别是发挥 MEF 降低效果进行说明。首先，在说明有关本实施例的模拟结果之前，使用模拟结果简单地解说 MEF。并且，在以下说明中，若没有特别事先说明，在模拟中的光学计算的曝光条件为，曝光波长  $\lambda$  为 193nm，数值孔径 NA 为 0.85。

并且，作为照明条件，使用外径的干涉度为 0.8、内径的干涉度为 0.53 的 2/3 环状照明。

[0039] 图 2(a) 示出用来说明“MEF”的掩膜图形，图 2(a) 所示的掩膜图形，譬如由 Cr 等遮光部构成的宽度 L 的线状图形。

[0040] 图 2(b) 的曲线，示出将图 2(a) 的光掩膜曝光时根据模拟求得在晶片上形成的图形尺寸的结果，具体来说，使掩膜图形宽度 L (以下称掩膜宽度 L) 变化时、在晶片上形成的图形的尺寸 (CD 值) 的变化加以绘图。如图 2(b) 所示，一旦掩膜宽度 L 变小，CD 值急剧减少，一旦掩膜宽度 L 变得小于 100nm，则将无法形成图形。

[0041] 为了使上述现象容易理解，如下列 (公式 1) 所示来定义“MEF”。

[0042]  $MEF = \Delta CD / \Delta L \cdots$  (公式 1)

如 (公式 1) 所示，MEF (光掩膜误差因子) 表示对掩膜宽度 L 的变化的 CD 值变化比例。

[0043] 图 2(c) 曲线，为将根据 (公式 1) 的 MEF 计算结果分别对各个掩膜宽度 L 加以绘图。如图 2(c) 所示，可以得知：一旦掩膜宽度 L 变小则 CD 值急剧地减少的前述现象，为 MEF 增加所带来的现象。

[0044] MEF 一旦增加，则在掩膜宽度的误差将被强调，而成为与所要的 CD 值不同的 CD 值，因此，高精度地来控制 CD 值将变得困难。极端的情况下，即使想要形成细线图形，也陷入无法形成图形的状况。因此，可以得知为了高精度控制 CD 值，MEF 值最好为小。若如图 2(c) 所示，将遮光部单纯作为掩膜图形使用时，在形成较宽图形时，MEF 将成为 1 左右的值，而成为不能实现所要的分辨率界限的值。

[0045] 其次，说明有关本实施例的掩膜图形的模拟结果。图 3 示出在该模拟所使用的掩膜图形，该掩膜图形是宽度 L 的线状图形，由宽度 W 的遮光部 101、和围绕遮光部 101 的半遮光部 102 构成。并且，半遮光部 102 在遮光部 101 两侧 (宽度方向两侧) 所设的部分的宽度为 D。换句话说，有关掩膜图形的宽度 L， $L = W + 2 \times D$  的关系成立。这里，作为晶片上被形成的图形尺寸 (CD) 受到 W 及 D 的影响，如下列的 (公式 2) 及 (公式 3) 来定义 MEF。

[0046] 遮光部 101 的尺寸 W 的变化对 CD 的影响 (CD 值对 W 的变化

率)

$$\rightarrow \text{MEF}(W) = \Delta \text{CD}(W, D) / \Delta W \quad \dots \text{(公式 2)}$$

半遮光部 102 的尺寸 D 的变化对 CD 的影响(CD 值对 D 的变化率)

$$\rightarrow \text{MEF}(D) = \Delta \text{CD}(W, D) / \Delta D \quad \dots \text{(公式 3)}$$

如图 4 曲线所示：在图 3 图形上将 W 固定为 W=200nm 的状态使 D 从 0 变化到 200nm 时，换句话说，使 L 从 200nm 变化到 400nm 时 CD 值的模拟结果。在图 4 中，使半遮光部 102 对曝光光的透射率分别为 10%、25%、40% 时的 CD 值的模拟结果。并且，在图 4 中，作为参考示出：只以 Cr 形成的遮光图形的宽度 L 从 200nm 到 400nm 变化时的 CD 值的模拟结果。如图 4 所示，随着半遮光部 102 的透射率愈高，对 CD 值的 L 的依存性，即 CD 值对 D 的依存性(曲线的倾斜度)变低。从此可以得知，将半遮光部 102 的透射率设定愈高，能够使得(公式 3)所示的 MEF(D)减少，而实现 1 以下的 MEF。具体来说，将半遮光部 102 透射率设定为 25%，则能够将 MEF(具体的 MEF(D))降低到一般值(即图 2(c)所示 Cr 掩膜宽度较宽时的 MEF 值)的几乎一半、即 0.50 左右。并且，将半遮光部 102 的透射率设定为 10% 时，MEF(具体为 MEF(D))为 0.79 左右，将半遮光部 102 的透射率设定为 40%，则 MEF(具体为 MEF(D))降低到 0.25 左右。换句话说，若是半遮光部 102 的透射率有 10% 左右以上，则能够获得充分的 MEF 降低效果。

[0047] 从图 4 所示结果，可以得知：通过使用本实施例的光掩膜，来使半遮光部 102 的宽度 D 变化，能够以小于 1 的 MEF 来控制 CD 值。

[0048] 图 5 曲线示出：在图 3 图形将 L 固定为 L=400nm 的状态使 W 从 400 变化到 200nm 时的 CD 值模拟结果。这里，以 L=400nm 的状态将 W 从 400nm 减少到 200nm，意味着将半遮光部 102 所占区域从 0nm 增加到 200nm。图 5 中示出：半遮光部 102 对曝光光的透射率分别为 10%、25%、40% 时的 CD 值的模拟结果。并且，在图 5 中，为了参考，只以 Cr 形成的遮光图形的宽度 L 从 400nm 变化到 200nm 时的 CD 值的模拟结果(但图 5 横轴只示出 W)。如图 5 所示，随着半遮光部 102 的透射率变低，W 对 CD 值的依存性、即曲线的倾斜度变低。由此可以得知，将半遮光部 102 的透射率设定愈低，能够使(公式 4)所示的 MEF(W)减少，而能够实现 1 以下的 MEF。具体来说，将半遮光部 102 的透射率设定为 25%，能够将 MEF(具体为

MEF(W))降低到一般值(图 2(c)所示 Cr 掩膜宽度较宽时的 MEF 值)的大体一半、即 0.57 左右。并且,将半遮光部 102 透射率设定为 10%时的 MEF(具体为 MEF(W))为 0.28 左右,将半遮光部 102 透射率设定为 40%时的 MEF(具体为 MEF(W))为 0.82 左右。换句话说,若半遮光部 102 的透射率为 40%左右以下,则能够获得充分的 MEF 降低效果。

[0049] 从图 4 及图 5 所示结果,若按照在仅以遮光部构成的向来掩膜图形的外缘区域设置半遮光部的本实施例的光掩膜,通过分别使遮光部的尺寸及半遮光部的尺寸变化,将能够控制在晶片上形成的图形 CD 值。这时,将半遮光部的透射率设定为 25%,则在晶片上被形成的图形的 CD 值,其各自对遮光部的尺寸及半遮光部的尺寸的 MEF 将被降低到一般值(图 2(c)所示 Cr 掩膜宽度较宽时的 MEF 值)的一半左右。具体来说,作为在本实施例的光掩膜,半遮光部的透射率 25%左右为最适合,25%的上下 10%左右范围(15%以上、并且 35%以下的范围)为理想。并且,如图 4 及图 5 所示,在透射率 25%的上下 15%左右的范围(10%以上、并且为 40%以下范围)也能够获得充分的 MEF 降低效果。

[0050] 对以上所说明的本实施例的效果再稍微原理性的加以说明。半遮光部对曝光光的透射率是 25%,指的是透射半遮光部的光能源为透射透光部的光能源的 25%。并且,由于光能源是光振幅的平方比,因此,透射半遮光部的光能源为透射透光部的光能源的 25%,指的是透射过半遮光部的光振幅为透射过透光部的光振幅的 50%。若透射过半遮光部的光振幅为透射过透光部的光振幅的 50%,则半遮光部的掩膜宽度变化对光学像带来的影响,该变化部分的掩膜宽度的遮光部置换为在透光部将为对光学像造成影响的一半。因此,通过将曝光时因遮光部产生的遮光像迁移至因透光部产生的透光像的区域、即遮光部的外缘区域,置换为如本实施例的半遮光部,能够使 MEF 减半。

[0051] 并且,从上述原理,若曝光光振幅有 20%以上的变化,则在曝光上根据该变化产生明显的差。因此,通过使用半遮光部,与使用遮光部的情况相比产生明显的差,换句话说,与遮光部相比通过半遮光部得到充分地有利的 MEF 降低效果,因此,透射过半遮光部的光振幅最好是透射过透光部的光振幅的 20%以上。并且,通过使用半遮光部,与使用透光部

相比使的产生明显的差，透射过半遮光部的光振幅最好是透射过透光部的光振幅的 80% 以下。因此，作为半遮光部对曝光光的透射率，原理上最好是 4% 以上并且 64% 以下。

[0052] 并且，由于半遮光部是生成遮光部所生成的遮光像和透光部所生成的透光像的中间性光学像，在本实施例的掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部的宽度，最好是透光部生成的透光像和遮光部生成的遮光像之间的变迁区域的宽度(具体的为  $\lambda/NA$ ) 以下。但是，如同在“前提事项”中所说明，为了获得明显的光学效果，半遮光部的宽度最好是  $0.02 \times \lambda/NA$  以上，这是不用多说。

[0053] 并且，按照图 4 及图 5 所示模拟结果，虽然显示出半遮光部对曝光光的透射率若为 10% 以上并且为 40% 以下则能够得到充分的 MEF 降低效果，但半遮光部的透射率并部受到这个范围限定。具体来说，如前述般，本发明在原理上若为 4% 以上并且为 64% 以下则能够获得明显的 MEF 降低效果。

[0054] 并且，在本实施例中，虽然在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部 102 轮廓、和在掩膜图形中心部所设的遮光部 101 轮廓是相似，但是，为了获得本实施例的效果，如前述般，只要在掩膜图形的外缘区域(换句话说遮光部 101 周边)设置宽度为  $\lambda/NA$  以下的半遮光部 102 就可以。因此，半遮光部 102 轮廓和遮光部 101 轮廓也可以不是相似形状。

[0055] 并且，在本实施例中，虽然在掩膜图形的外缘区域的整体设置半遮光部 102，但是，也可以取而代之，在掩膜图形的外缘区域中、特别想降低 MEF 的部分设置半遮光部就可以。作为特别想使 MEF 降低的部分，譬如有区域是由于与其他掩膜图形的接近而造成 MEF 增加。一般地，直到衍射现象变得显著的尺寸(即  $0.4 \times \lambda/NA$ )，一旦掩膜图形互相接近，则 MEF 的增加将变得明显。

[0056] 但是，由于必须对一般 LSI 用的掩膜图形进行光学相似修正(OPC)。为了进行光学相似修正时，为了实现所要图形尺寸需要进行掩膜图形的变形。这时，如本实施例般，在掩膜图形的外缘区域的整体配置半遮光部时，换句话说，以半遮光部围绕遮光部的整体周围时，通过调整半遮光部宽度将能够实施光学相似修正。由此，可以不用同时使遮光部图形及

半遮光部图形 2 种不同特性的图形变形能实施光学相似修正，而能够容易进行光学相似修正。换句话说，在本实施例中，从光学相似修正的观点，最好是以半遮光部围绕掩膜图形的外缘区域的遮光部的整体周围。

[0057] 并且，在本实施例中，虽然只有在掩膜图形中心部设置遮光部 101，为了获得 MEF 降低效果，只要在构成掩膜图形的外缘区域的半遮光部内部存在有遮光部就可以，譬如不使抗蚀剂感光程度的微小透光部或是半遮光部也可以存在掩膜图形中心部，这也是不用多说的。

[0058] (第一实施例的第一变形例)

以下，参照附图说明有关本发明第一实施例的第一变形例的光掩膜。

[0059] 图 6(a)是示出所要的抗蚀图形形状图，图 6(b)为第一实施例的第一变形例的光掩膜平面图。并且，在图 6(b)中，斜视图性地示出透射性基板。

[0060] 如图 6(a)所示，根据曝光在晶片上形成所要的图形 120 由细线图形与粗图形构成。并且，如图 6(b)所示，在透射性基板 100 上足够宽广的区域设置透光部 104，同时，在透射性基板 100 上与所要图形 120 对应的位置，设有由矩形的遮光部 101 和矩形的移相器部 103 构成的掩膜图形。这里，形成细线图形(譬如具有曝光波长以下宽度的微细图形)，使用对曝光光具有高透射率的移相器部 103，形成粗线图形(譬如具有宽度充分大于曝光波长的图形)时使用遮光部 101。并且，形成粗线图形时，也可以取代遮光部 101，使用对曝光光具有低透射率的移相器部。

[0061] 本变形例的特征，在于：掩膜图形中只在遮光部 101 周缘部(外缘区域)设置半遮光部 102。换句话说，在移相器部 103(除了与遮光部 101 的连接部分)的周缘部(外缘区域)不设置半遮光部 102。

[0062] 根据本变形例，能够实现以遮光部 101 形成粗的图形的形成的 MEF 降低效果。

[0063] (第一实施例的第二变形例)

以下，参照附图说明有关本发明第一实施例的第二变形例的光掩膜。

[0064] 图 7(a)是示出所要的抗蚀图形形状图，图 7(b)是第一实施例第二变形例的光掩膜平面图。并且，在图 7(b)中，斜视图性地示出透射性基板。

[0065] 如图 7(a)所示, 所要图形为抗蚀图形 110。

[0066] 如图 7(b)所示, 在透射性基板 100 上的足够宽广区域形成有透光部 104。并且, 在与根据曝光在晶片上打算形成的抗蚀图形(所要图形)110 所对应位置的透射性基板 100 上, 设置由遮光部 101 和半遮光部 102 构成的掩膜图形。在本变形例中, 与第一实施例相同, 在该掩膜图形的周缘部(外缘区域的整体)也设置半遮光部 102。

[0067] 本变形例与第一实施例不同点在于: 在配置于掩膜图形外缘区域的半遮光部 102 内侧的遮光部 101 内部, 更进一步地设置半遮光部 102。

[0068] 根据以上所说明的本变形例的结构, 除了与第一实施例相同的效果、即实现在形成线宽较粗的图形 MEF 降低效果之外, 能够获得以密集状态形成较粗线宽的多个图形时提高焦点深度(DOF)的效果。

[0069] 图 7(c), 是示出图 7(b)平面图所示的光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说, 图 7(c), 是表示与图 7(b)所示的线段 AB 对应部分的剖面结构。如图 7(c)所示, 透光部 104 是透射性基板、譬如石英基板 105 的露出区域。这里, 本变形例的光掩膜剖面结构与图 1(c)所示第一实施例的光掩膜剖面结构的不同点, 在于: 通过除去成为遮光部 101 的 Cr 膜 106 中心部使该处的金属薄膜(半遮光膜)107 露出。由此, 将能够在遮光部 101 内部形成半遮光部 102。

[0070] 以下, 按照模拟结果, 来说明对于在晶片上形成图形上发挥优于第一实施例的出色的图形形成特性。并且, 在本变形例中, 通过在掩膜图形的遮光部外侧的外缘区域设置半遮光部能够获得 MEF 降低效果, 这一点与第一实施例相同, 以下, 对于通过在遮光部内部也设置和掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部相同的半遮光部、能够获得本变形例的固有效果、即增加 DOF 效果进行说明。并且, 在掩膜图形的外缘区域设置的半遮光部、和在遮光部内部设置的半遮光部未必一定必须由相同材料构成, 但是, 通过使用相同材料来构成该两个半遮光部, 能够简化光掩膜的剖面结构。由此, 根据以具有简单剖面结构的光掩膜同时实现降低 MEF 效果和提高 DOF 效果。

[0071] 图 8 是示出上述模拟所使用的掩膜图形。如图 8 所示, 在透

射性基板 100 上, 设有以间隔  $S$  互相邻接的两个线状图形分别构成的掩膜图形 A、B、C。并且, 横跨透射性基板 100 上足够宽广的区域, 设有作为透射性基板 100 的露出区域的透光部 104。

[0072] 具体来说, 掩膜图形 A 由线状的遮光部 101、和在其两侧所设的宽度  $D$  的半遮光部 102 构成。换句话说, 掩膜图形 A, 基本上具有与第一实施例的掩膜图形相同的结构, 以第一实施例说明般, 宽度  $D$  最好是  $\lambda/NA$  以下。

[0073] 并且, 掩膜图形 B 除了掩膜图形 A 的结构之外, 还具有在线状的遮光部 101 中心部所设的半遮光部 102。换句话说, 掩膜图形 B, 具有在中心部和外缘区域所各自配置的半遮光部 102 之间设有遮光部 101 的结构。这里, 如后述般, 为了获得提高 DOF 效果, 在掩膜图形中心部及外缘区域的分别配置的半遮光部之间, 最好是设置有  $\lambda/NA$  以下的宽度  $Q$  的遮光部 101。

[0074] 并且, 掩膜图形 C, 除了掩膜图形 B 的结构之外, 还具有设在遮光部 101 内部的半遮光部 102 的中心部所设的遮光部 101。在掩膜图形 C, 为了获得 DOF 提高效果, 在其外缘区域所设的半遮光部 102、和在遮光部 101 内部所设的半遮光部 102(宽度:  $R$ ), 最好是隔着具有  $\lambda/NA$  以下宽度  $Q$  的遮光部 101 加以配置。

[0075] 图 9(a)及(b), 是示出图 8 所示的在掩膜图形 A~C 中  $S=50\text{nm}$ 、 $D=30\text{nm}$ 、 $Q=150\text{nm}$ 、 $R=230\text{nm}$  时的各种模拟结果图。这里, 在该模拟中设定半遮光部对曝光光的透射率为 10%。

[0076] 图 9(a), 是示出将图 8 所示掩膜图形 A、B、C 的线段 A1-A2、B1-B2、C1-C2 所对应的成像位置的光强度分布予以模拟的结果。图 9(a) 中, 示出各掩膜图形 A~C 的各自所模拟的光强度分布曲线。并且, 图 9(a) 中, 也一并表示显影时使抗蚀剂溶解所需要的能源值。并且, 图 9(a) 中, 横轴的位置 0 为构成各掩膜图形 A~C 的一线状图形之间的中心位置, 纵轴的光强度, 为使曝光光强度为 1 时的相对光强度。如图 9(a) 所示, 即使根据掩膜图形 A~C 的其中之一, 也能够使相同尺寸部分的抗蚀剂溶解。换句话说, 根据掩膜图形 A~C 的其中之一, 在晶片上能够形成相同尺寸的空间图形。



[0077] 图 9(b) 示出根据图 8 所示掩膜图形 A、B、C 各自在晶片上形成空间图形的焦点特性的模拟结果。一般来说, 在图形形成中, 曝光时即使焦点变动最好图形尺寸(CD)不加变动。这里, 譬如在最佳焦点图形尺寸为 90nm 的情况下, 使图形尺寸变动的容许范围(尺寸精度)为  $\pm 10\%$ , 将能够实现 90nm $\pm$ 9nm 范围内的图形尺寸的焦点变动的最大宽度定义为焦点深度(DOF)。这样的 DOF 值愈大, 意味着伴随着焦点变动的图形尺寸变动愈少, 而将能够以高尺寸精度形成图形。图 9(b), 有关掩膜图形 A 虽然示出根据上述定义的 DOF 范围, 但是如图 9(b)所示, 根据掩膜图形 B 及 C 的 DOF 与掩膜图形 A 相比有所提高。其理由在于: 在第一实施例的掩膜图形结构中通过在遮光部内部也设置半遮光部, 根据透射过该半遮光部(掩膜图形内部的半遮光部)的光的衍射现象而提高 DOF 特性。

[0078] 如以上所说明, 如本变形例, 除了在具有遮光部的掩膜图形外缘区域设置半遮光部的结构之外, 通过进一步地在该遮光部内部也设置半遮光部, 除了能够获得与第一实施例相同的 MEF 降低效果之外, 也能够获得 DOF 提高效果。

[0079] 并且, 在本变形例中, 为了获得充分的 DOF 提高效果, 透射过在遮光部内部所设的半遮光部的光的衍射波, 由于必须与透射过掩膜图形外侧透光部的光的衍射波互相影响, 在掩膜图形的外缘区域及内部区域的各自设置的半遮光部之间被配置的遮光部尺寸(宽度)最好是  $\lambda/NA$  以下。

[0080] 并且, 这样的情况下, 一旦半遮光部对曝光光的透射率为 20% 左右, 则透射过该半遮光部的光使得抗蚀剂感光的可能性变高, 因这是为了防止抗蚀剂的感光, 最好是考量边缘, 使半遮光部对曝光光的透射率为 15% 以下。这样一来, 在遮光部内部设置的半遮光部的尺寸比起  $\lambda/NA$  充分为大的情况, 也不会使得透射过该半遮光部的光造成抗蚀剂感光。因此, 将没有必要按照每个掩膜图形考虑不使抗蚀剂感光的掩膜尺寸上限, 在构成掩膜设计上自由度将变高, 能够容易进行掩膜设计的构成。作为极端的情况, 也可以将从掩膜图形内部的外缘区域距离规定尺寸以上的区域全部设定为半遮光部。换句话说, 也可以使用如图 7(b)和图 8 的图形 B 之类的结构。

[0081] 并且,在本变形例中,有关设在掩膜图形外缘区域的半遮光部对曝光光的透射率的理想范围(考虑MEF降低效果的理想范围),与第一实施例相同。并且,在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部宽度的理想范围(MEF降低效果的理想范围),与第一实施例相同(具体地为 $\lambda/NA$ 以下)。

[0082] 并且,在本变形例中,与第一实施例相同地,在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部102轮廓、以及在其内侧所设的遮光部101轮廓可以不是相似形状。

[0083] 并且,在本变形例中,与第一实施例相同,虽然在掩膜图形外缘区域的整体设置了半遮光部102,但是取而代之,也可以只在掩膜图形的外缘区域中、特别是想降低MEF的部分设置半遮光部。但是,从光学相似修正的观点来看,若在掩膜图形的外缘区域整体配置半遮光部,也可以通过仅调整半遮光部的宽度简单的进行光学相似修正。

[0084] (第二实施例)

以下,参照附图说明本发明第二实施例的光掩膜。

[0085] 图10(a)为示出所要掩膜图形形状图,图10(b)为第二实施例的光掩膜平面图。并且,在图10(b)中,关于透射性基板斜视图性地示出。

[0086] 如图10(a)所示,所要图形抗蚀图形130。

[0087] 如图10(b)所示,在透射性基板100上的足够宽广的区域设置有透光部104。并且,在透射性基板100上的与以曝光在晶片上想要形成的抗蚀图形(所要图形)130对应的位置,设置由遮光部101、半遮光部102、和移相器部103构成的掩膜图形。这里,本实施例的掩膜图形,由第一图形区域201和第二图形区域202构成,第一图形区域201具有第一宽度 $L1$ ,第二图形区域202具有大于第一宽度 $L1$ 的第二宽度 $L2$ 。在第一图形区域201,在外缘区域配置有半遮光部102、同时在中心部配置有矩形的移相器部103。在第二图形区域202,在外缘区域配置有半遮光部102同时在中心部配置有矩形的遮光部101。并且,本实施例的掩膜图形,是为了形成由细线图形到较宽线宽的图形混合的多个图形时,用来实现形成任意线宽的图形时降低MEF。

[0088] 并且,在本实施例的遮光部101及半遮光部102其各自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,透射过

移相器部 103 的光、和透射过透光部 104 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 $(210+360 \times n)$ 度以下成为( $n$ 为整数)的关系)。

[0089] 并且, 包含本实施例, 后述的所有实施例, 如果并没有特别说明, 移相器部被作为对曝光光具有与透光部(透射性基板)相同程度的透射率来加以处理, 但是移相器部的透射率并未受到特别限定。不过, 为了利用在以移相器部的反相位使光透射的特性, 移相器部的透射率最好是至少大于半遮光部的透射率, 而最好是使用与透射性基板的透射率相等或是其一半左右以上的透射率的材料来构成半遮光部。

[0090] 图 10(c)为显示图 10(b)平面图所示的光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说, 图 10(c)显示图 10(b)所示的线段 AB 及线段 CD 分别对应的部分剖面结构。如图 10(c)所示, 透光部 104, 为透射性基板、譬如石英基板 105 的露出区域。半遮光部 102, 与第一实施例相同, 例如以由 Mo 构成的金属薄膜 107 作为半遮光膜在石英基板 105 上沉积而形成。并且, 遮光部 101, 也和第一实施例相同, 在金属薄膜(半遮光膜)107 上譬如以 Cr 膜 106 作为遮光膜进一步层积形成。进一步的, 在半遮光部 102 内部所设的移相器部 103, 通过在石英基板 105 上所沉积的金属薄膜(半遮光膜)107 设置开口部、并且将位于该开口部的石英基板 105 下挖使透射光的相位反转的深度加以形成。如此形成移相器部 103 时, 将能够使透射性基板的石英基板 105 下挖部 105a 用来作为移相器部 103。换句话说, 将能够使用与透射性基板相同材料来形成移相器部 103。并且, 通过将在石英基板 105 上层积的金属薄膜(半遮光膜)107 和 Cr 膜(遮光膜)106 的 2 层膜加工, 而能够形成具有半遮光部 102、移相器部 103 及遮光部 101、3 种区域的掩膜图形。

[0091] 以下, 根据模拟结果说明如上述般构成的本实施例的光掩膜, 在晶片上形成图形时发挥优良的图形形成特性、特别是发挥 MEF 降低效果。并且, 在本实施例的掩膜图形, 有关图 10(b)所示第二图形区域 202, 与第一实施例的掩膜图形相同, 通过在具有遮光部的掩膜图形的外缘区域设置半遮光部而明显的能够获得 MEF 降低效果, 在以下说明中, 显示出: 通过如图 10(b)所示第一图形区域 201 的掩膜图形结构能够获得 MEF 降低效果。

首先，在说明有关本实施例的模拟结果之前，使用模拟结果简单地解说将移相器部用于掩膜图形时的 MEF。

[0092] 图 11(a) 示出用来说明“MEF”的掩膜图形，图 11(a) 所示的掩膜图形为由宽度 L 的移相器部构成的线状图形。这里，使该移相器部对曝光光的透射率为 100%。

[0093] 图 11(b) 的曲线，示出根据模拟求得图 11(a) 的光掩膜曝光时在晶片上所形成的图形尺寸的结果，具体来说，使掩膜图形的宽度 L (以下称掩膜宽度 L) 变化时在晶片形成的图形尺寸 (CD 值) 的变化加以绘图。如图 11(b) 所示，不同于将遮光部 (参照图 2(b)) 用于掩膜图形的情况，存在有随着掩膜宽度 L 变大 CD 值增加的区域、和随着掩膜宽度 L 变大 CD 值减少的区域。如图 11(b) 所示，在本模拟例中，掩膜宽度 L 在 80nm 附近 CD 值为最大、即 60nm 左右，另一方面，掩膜宽度 L 从 80nm 增加或是减少 CD 值都减少。

[0094] 图 11(c) 的曲线，为将 MEF 的计算结果以各自的掩膜宽度 L (与第一实施例相同的根据 (公式 1) 计算) 加以绘图。如图 11(c) 所示，本模拟例子中，掩膜宽度 L 在 80nm 附近  $MEF \approx 0$ 。换句话说，掩膜宽度 L 在 80nm 附近，即使掩膜图形尺寸变化，在晶片上被形成的图形尺寸也不会变化。这是进行高精度的图形形成上的理想状态。

[0095] 如上述般，在掩膜图形使用移相器部时将会出现  $MEF \approx 0$  的现象。但是，这是非常限定条件下的现象，能够容易进行 CD 控制时，MEF 为 1 以下并且大于 0 的范围。其理由在于：虽然 MEF 最好是小于 1，但是在 MEF 成为负值的状态中，即使使掩膜宽度增加 CD 值也减少，因此，在进行 CD 控制上并不理想。并且，本模拟例子，即使将掩膜宽度 L 设定为任何值，也无法实现大于 60nm 的 CD 值。换句话说，通过调整掩膜宽度 L 也不能实现任意的 CD 值。在本模拟例子，MEF 小于 1 并且大于 0 的范围，只有在掩膜宽度 L 从 63nm 到 80nm 之间，根据该掩膜宽度 L 能够实现的 CD 值被限定在从 55nm 到 60nm 的范围。

[0096] 以上说明，以对移相器部对曝光光的透射率为 100% 为前提，以下说明移相器部对曝光光具有 100% 以外的透射率的情况。图 12(a) 示出用来说明“MEF”的掩膜图形，图 12(a) 所示的掩膜图形为由移相器部构成

的宽度  $L$  的线状图形。这里,使该移相器部对曝光光的透射率为  $T$ 。图 12(b) 的曲线,示出根据模拟求得使图 12(a)的光掩膜曝光时在晶片上被形成的图形尺寸的结果,具体来说,将掩膜图形的宽度  $L$ (以下称掩膜宽度  $L$ )变化时在晶片上被形成的图形尺寸(CD 值)的变化、以具有各种各样透射率  $T$  的移相器部加以绘图。并且,所谓透射率  $T$  为 0%,指的是遮光部。如图 12(b)所示,在本模拟例子,一旦透射率  $T$  成为 36%以下,将不会成为  $MEF \approx 0$ (即 CD 值的极大状态)。换句话说,MEF 降低效果,即使在掩膜图形内让透射率不同的移相器部混和,只能获得极为限定的 CD 值。实际上,根据本案发明者的经验,MEF 的降低只能在  $0.3 \times \lambda / NA$  以下的 CD 值实现。

[0097] 其次,说明有关本实施例的掩膜图形的第一图形区域 201(参照图 10(b))的模拟结果。图 13(a)显示该模拟中所使用的掩膜图形,该掩膜图形为宽度  $L$  的线状图形,由宽度  $U$  的移相器部、和围绕该移相器部的半遮光部构成。并且,在半遮光部的移相器部两侧(宽度方向两侧)被设置的部分的宽度为  $D$ 。换句话说,有关掩膜图形的宽度  $L$ , $L=U+2 \times D$  的关系成立。这里,移相器部对曝光光的透射率是 100%,半遮光部对曝光光的透射率是 16%。

[0098] 图 13(b)的曲线,显示将图 13(a)的掩膜图形曝光时在晶片上被形成的图形尺寸(CD 值)、于各种掩膜宽度  $L$  加以模拟的结果。这里,通过将半遮光部的宽度  $D$  固定于从 0nm 到 72nm 的各种值的状态使相位移器的宽度  $U$  变化,而使掩膜宽度  $L$  变化,对该变化的 CD 值的依存性示于图 13(b)。如图 13(b)所示,可以得知:随着半遮光部的宽度  $U$  增大,成为  $MEF \approx 0$  的现象(即 CD 值变得极大的现象)出现在较大 CD 值中。换句话说,可以得知:使用本实施例的结构的掩膜图形时,通过按照所要的 CD 值变更半遮光部宽度,能够对比较广范围的 CD 值实现  $MEF \approx 0$ 。实际上,本案发明人所作的调查,直到 100nm( $0.1 \mu m$ )以上的 CD 值能够实现  $MEF \approx 0$ ,同时,在  $0.4 \times \lambda / NA$  以上的 CD 值也能够实现降低 MEF。

[0099] 为了进一步详细说明如上说明的本实施例掩膜图形的第一图形区域 201(参照图 10(b)),与第一实施例相同的,以下列公式 4 及公式 5 来定义 MEF。

[0100] 移相器部的尺寸  $U$  的变化给予 CD 的影响(CD 值对  $U$  的变化率)

$$\rightarrow \text{MEF}(U) = \Delta \text{CD}(U, D) / \Delta U \quad \cdots \text{公式 4}$$

半遮光部的尺寸 D 的变化给予 CD 的影响 (CD 值对 D 的变化率)

$$\rightarrow \text{MEF}(D) = \Delta \text{CD}(U, D) / \Delta D \quad \cdots \text{公式 5}$$

并且, 图 13(b) 的曲线  $\text{MEF} \approx 0$  的情况, 正确来说意味着  $\text{MEF}(U) \approx 0$ 。

[0101] 图 14(a) 示出本实施例的掩膜图形的第一图形区域 201 (参照图 10(b)) 的模拟中所使用的掩膜图形, 该掩膜图形是宽度 L 的线状图形, 由宽度 U 的移相器部、和围绕该移相器部的半遮光部构成。并且, 在半遮光部的移相器部两侧 (宽度方向两侧) 被设置的部分的宽度为 D。换句话说, 掩膜图形的宽度 L、 $L = U + 2 \times D$  的关系成立。这里, 移相器部对曝光光的透射率是 100%, 半遮光部对曝光光的透射率是 T%。

[0102] 图 14(b) 的曲线, 示出在图 14(a) 图形中有关成为 CD 值 = 65nm 的各种 U 和 D 的组合、计算  $\text{MEF}(U)$  和  $\text{MEF}(D)$ 、将  $\text{MEF}(U)$  和  $\text{MEF}(D)$  的相关关系加以绘图的结果。并且, 图 14(b) 中示出: 将半遮光部对曝光光的透射率 T 分别设定为 0%、10%、25%、40% 时上述绘图的结果。并且, 透射率 T 为 0% 意味着遮光部。如图 14(b) 所示, 可以得知: 在  $\text{MEF}(U) = 0$  时并不一定  $\text{MEF}(D) = 0$ , 但是随着半遮光部对曝光光的透射率 T 愈高,  $\text{MEF}(U) = 0$  时的  $\text{MEF}(D)$  的值将变小。

[0103] 如以上所说明, 根据本实施例, 由于在具有移相器部 103 的掩膜图形 (正确来说为图 10(b) 所示的第一图形区域 201) 的外缘区域设置半遮光部 102, 通过使移相器部 103 及半遮光部 102 的各自的尺寸变化, 将能够控制在晶片上被形成的图形的 CD 值。进一步地, 通过选择按照所要的 CD 值的适当半遮光部的宽度及移相器部的宽度, 能够大幅度降低 MEF。具体来说, 如图 14(b) 所示, 半遮光部 102 对曝光光的透射率 T 设定为 25% 时, 对移相器部 103 的宽度 U 将成为  $\text{MEF}(U) \approx 0$ , 对半遮光部 102 的宽度 D 将成为  $\text{MEF}(D) \approx 0.15$ 。

[0104] 再稍微原理性地说明上述的本实施例的效果。将移相器部和半遮光部作为掩膜图形使用时的光学像, 通过衍射掩膜图形外侧的光、和透射过掩膜图形内部的光的干涉形成。换句话说, 衍射掩膜图形外侧的光、和透射过掩膜图形内部的光、各自在与掩膜图形中心部对应的晶片位置被投影时、根据干涉效果这些的光彼此最能解消状态, 将成为对比最大的状

态。因此,实现该状态的移相器部的宽度即使变大或是变小投影像(光学像)的对比都下降,换句话说,在晶片上被形成的图形尺寸(CD值)减少,因此在此对比成为最大的状态中对移相器部的掩膜尺寸成为  $MEF \cong 0$  (正确来说成为  $MEF(U) \cong 0$ )。

[0105] 因此,使所要的 CD 值为  $CD_1$  时,使对该 CD 值实现  $MEF \cong 0$  的移相器部的宽度为  $U_1$ 、而其外侧半遮光部的宽度为  $D_1$ ,同时,使所要的 CD 值为  $CD_2$  ( $CD_2 > CD_1$ ) 时对该 CD 值实现  $MEF \cong 0$  的移相器部的宽度为  $U_2$ 、其外侧半遮光部的宽度为  $D_2$ ,则  $U_2 < U_1$ 、 $D_1 < D_2$  的关系成立。换句话说,为了实现更大的 CD 值,使用更细的移相器部就可以。

[0106] 并且,为了充分地得到跟衍射掩膜图形外侧的光、和透射过掩膜图形内部的光的干涉效果,移相器部和掩膜图形周边的透光部之间的距离最好是  $0.4 \times \lambda / NA$  以下。换句话说,上述宽度  $D$ ,最好是,衍射现象变得显著的  $0.4 \times \lambda / NA$  以下的尺寸。然而,在本实施例,由于在移相器部和掩膜图形周边的透光部之间的半遮光部也部分地使光透射,因此,上述宽度  $D$  并非被受限在  $0.4 \times \lambda / NA$  以下的尺寸。但是,在“前提事项”中所说明,为了获得明显的光学效果,不用多说的,掩膜宽度  $L$  最好是  $0.02 \times \lambda / NA$  以上。

[0107] 如以上说明的,在本实施例的掩膜图形中,通过以移相器部 103 和半遮光部 102 来构成具有  $\lambda / NA$  以下的的第一宽度  $L_1$  的第一图形区域 201、而以遮光部 101 和半遮光部 102 来构成具有  $\lambda / NA$  大的第二宽度  $L_2$  的第二图形区域 202,能够在双方区域中降低 MEF。

[0108] 并且,本实施例的掩膜图形结构中,随着在移相器部 103 周边所设的半遮光部 102 对曝光光的透射率变高、MEF 降低效果也变高,另一方面,即使半遮光部 102 对曝光光的透射率较低(譬如下限为 4%)的情况,也能够获得充分的 MEF 降低效果。因此,若以相同材料构成第一图形区域 201 的半遮光部 102、和第二图形区域 202 的半遮光部 102 时,使该半遮光部 102 的最适当透射率决定为使得第二图形区域 202 的掩膜图形的 MEF 降低效果最适当就可以。换句话说,在本实施例的光掩膜中,与第一实施例的光掩膜相同的,半遮光部对曝光光的透射率为 25% 左右为最适合,最好是 25% 的上下 10% 左右为止的范围(15% 以上、并且 35% 以下的

范围)。并且,透射率 25%的上下 15%左右为止的范围(10%以上并且 40%以下的范围)也能够得到充分的 MEF 降低效果。进一步地,半遮光部的透射率并非被限定在此范围,与第一实施例相同,原理上,若是为 4%以上并且为 64%以下能够获得明显的 MEF 降低效果。

[0109] 并且,在本实施例中,在由遮光部 101 和半遮光部 102 构成的第二图形区域 202 的掩膜图形中心部只设置遮光部 101,但是,为了获得 MEF 降低效果,只要在构成掩膜图形的外缘区域的半遮光部内部存在有遮光部就可以,譬如不使抗蚀剂感光程度的微小透光部和半遮光部存在于掩膜图形中心部就可以,这也是不用多说。

[0110] 并且,在本实施例中,与第一实施例的第二变形例相同,除了在第二图形区域 202 的掩膜图形的外缘区域(遮光部 101 周围)所设的半遮光部 102 之外,通过在该遮光部 101 内部设置半遮光部,能够同时获得 MEF 降低效果和 DOF 提高效果。这样的情况,该半遮光部对曝光光的透射率最好是 15%以下。但是,为了获得根据半遮光部的有效效果,透射率最好是 4%以上。这样一来,即使在遮光部内部所设的半遮光部的尺寸充分大于  $\lambda/NA$  的情况,透射过该半遮光部的光也不会使抗蚀剂感光。因此,将没有必要考虑在每个掩膜图形不使抗蚀剂感光的掩膜尺寸上限,构成掩膜设计上自由度变高,而能够容易进行掩膜的结构。

[0111] 并且,在本实施例中,譬如如图 15(a)所示,是以移相器部 103 和遮光部 101 各自个别地为半遮光部 102 所围绕的掩膜图形构成为前提。但是,取而代之,如图 15(b)所示,在移相器部 103 和遮光部 101 连接的状态,使用双方的部分为半遮光部 102 所围绕的掩膜图形结构时,也能够获得与本实施例相同的效果。并且,如图 15(c)所示,在移相器部 103 以与遮光部 101 连接的状态双方的部分为半遮光部 102 所围绕的掩膜图形中,移相器部 103 和遮光部 101 的边界移动譬如  $0.1 \times \lambda/NA$  左右,即使移相器部区域进入遮光部区域内部,对被该掩膜图形形成的投影像也几乎不带来影响。并且,如图 15(d)所示,在以移相器部 103 和遮光部 101 连接的状态双方的部分为半遮光部 102 所围绕的掩膜图形中,移相器部 103 和遮光部 101 的边界移动譬如  $0.1 \times \lambda/NA$  左右,即使应该成为移相器部 103 的区域成为了遮光部 101,对被该掩膜图形形成的投影像也几乎不带来影



响。然而，从掩膜检查上的观点，在图 15(c)遮光部 101 可见的微小凹陷图形 301、图 15(d)遮光部 101 可见的微小的凸图形 302，都不是理想。并且，若是移相器部 103 和遮光部 101 连接，在移相器部 103 和遮光部 101 加工中，由于两者边界形成时的位置偏差在遮光部 101 变得容易产生微小的凹凸图形。另一方面，如图 15(a)所示，遮光部 101 和移相器部 103 之间夹著有半遮光部 102 的一部分，则该半遮光部 102 的一部分成为在加工移相器部 103 和遮光部 101 的边缘区域。换句话说，通过图 15(a)~(d)所示的各掩膜图形被投影在晶片上的光学像几乎相等，掩膜加工上，如图 15(a)所示，移相器部 103 和遮光部 101 最好是各自个别地被半遮光部 102 所围绕的掩膜图形结构。

[0112] 并且，在本实施例中，虽然在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部 102 轮廓、和在掩膜图形中心部所设的遮光部 101 或是移相器部 103 轮廓是相似形状，但是，取而代之，半遮光部 102 的轮廓和遮光部 101 又与移相器部 103 轮廓不可以是相似形状。

[0113] 并且，在本实施例中，虽然在掩膜图形外缘区域的整体设置了半遮光部 102，但是，取而代之，也可以只在掩膜图形的外缘区域中特别想降低 MEF 的部分设置半遮光部。不过，在掩膜图形的外缘区域的整体配置半遮光部 102 时，换句话说，以半遮光部 102 围绕遮光部 101 及移相器部 103 的整体周围时，将能够通过仅调整半遮光部 102 的宽度简单地实现光学相似修正。

[0114] 以下，简单地说明有关光学相似修正(OPC)。一般来说，对 LSI 形成用的掩膜图形实施 OPC 处理。在一般光刻中，即使是根据相同的掩膜尺寸的掩膜图形所形成的图形，依存其图形形状和其周边的其他图形，而产生在晶片上的图形尺寸(CD 值)和形状不同的现象。这样的现象被称为光学相似，通过修正掩膜图形的尺寸和修正这个光学相似产生的 CD 值和形状的变动的处理称作 OPC 处理。

[0115] 对本实施例的掩膜图形进行 OPC 处理时，可以修正配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部的掩膜尺寸，或是也可以修正被配置在掩膜图形中心部的移相器部、或是遮光部的掩膜尺寸。但是，在设有移相器部的掩膜图形，利用透射掩膜图形周边的衍射光、和透射掩膜图形内的移相

器部的光的干涉效果，设定移相器部的尺寸使得  $MEF \approx 0$ ，而一边维持  $MEF \approx 0$  的状态一边进行 OPC 处理，因此，最好是，无需改变使得  $MEF \approx 0$  的移相器部尺寸来实施 OPC 处理。换句话说，最好是，对本实施例的掩膜图形，只根据修正半遮光部的掩膜尺寸来进行 OPC 处理。

[0116] 图 16(a) 示出对图 10(a) 所示的本实施例的掩膜图形进行根据修正半遮光部 102 掩膜尺寸进行 OPC 处理的结果。

[0117] 如图 16(a) 所示，在设有移相器部 103 的线状图形(图 10(a) 第一图形区域 201)的外缘区域，设置了具有与移相器部 103 的轮廓状大体相似形状的轮廓的半遮光部 102，同时，在该线状图形的端部设置了具有大于线状宽度的锤状半遮光部 102。该锤状半遮光部 102 的设置目的如下。即，为了防止如下现象：孤立的细线图形(图 10(a) 第一图形区域 201)端部为透光部所围绕，从该端部周围的透光部绕进该端部里侧的衍射光将变得过剩，使得对应转印图形(被转印到晶片上的图形)的该线状端部的部分后退而被形成。

[0118] 并且，如图 16(a) 所示，在设有遮光部 101 的图形(图 10(a) 的第二图形区域 202)的外缘区域，设置了具有与遮光部 101 的轮廓状大体相似形状的轮廓的半遮光部 102，同时，在成为直角或是锐角的角部设置成为饰纹(serif)图形的半遮光部 102。成为这样的饰纹图形的半遮光部 102，与前述的锤状的半遮光部 102 为相同目的而设。也就是为了防止：由于设有遮光部 101 的图形(图 10(a) 的第二图形区域 202)的角部为透光部所围绕，因此从该角部周边的透光部绕进该角部里侧的衍射光将成为过剩，而使得转印图形(被转印到晶片上的图形)的该线状角部所对应的部分后退形成。

[0119] 如上述般，在本实施例的掩膜图形的半遮光部 102，通过在线状端部设置锤状图形或是在角部设置饰纹(serif)图形，将能够在不使移相器部 103 或是遮光部 101 变形的情况下来实施 OPC 处理。并且，也可以通过考虑与周边图形的邻近关系，来修正被配置在本实施例的掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102 的宽度实施 OPC 处理。

[0120] 图 16(b) 示出将与本实施例相同的掩膜图形结构(由遮光部 101、半遮光部 102 和移相器部 103 的结构)适用于栅极接触窗图形时、进

行以修正半遮光部 102 的掩膜尺寸进行 OPC 处理的结果。并且,在图 16(b)所示的掩膜图形中,将与接触窗部分对应的区域仅以遮光部 101 构成,与栅极部分对应的区域以移相器部 103 和半遮光部 102 构成。具体来说,在设有移相器部 103 的线状栅极部分的外缘区域,设置了具有与移相器部 103 的轮廓状大体相似形状的轮廓的半遮光部 102,同时,在该线状图形的端部设置了宽度大于线状宽度的锤状半遮光部 102。

[0121] 以下,参照附图说明本发明第二实施例的光掩膜制造方法。

[0122] 图 37 是根据本实施例的光掩膜制造方法所要形成的光掩膜平面图。图 37 所示的光掩膜基本结构,与图 10(b)所示的第二实施例的光掩膜基本结构相同。换句话说,图 37 所示的光掩膜中设置的掩膜图形由具有第一宽度 L1 的第一图形区域 201、和具有大于第一宽度 L1 的第二宽度 L2 的第二图形区域 202 构成。在第一图形区域 201,除了在外缘区域配置有半遮光部 102,同时在中心部配置有矩形的移相器部 103。在第二图形区域 202,除了在外缘区域配置有半遮光部 102,同时在中心部配置有矩形的遮光部 101。并且,图 37 中,省略透射性基板 100(透光部 104)。

[0123] 图 38(a)~(i)是示出本实施例的光掩膜制造方法的各工序剖面图(图 37 线段 AB 的剖面结构),图 39(a)~(f)则是分别为对应 38(b)、(c)、(e)、(f)、(h)与(i)的剖面图的平面图。

[0124] 首先,图 38 如(a)所示,在透射性基板、譬如石英基板 105 上依序形成作为半遮光膜譬如由 Mo 构成的金属薄膜 107、以及作为遮光膜譬如 Cr 膜 106 之后,在 Cr 膜 106 上形成抗蚀膜 151。

[0125] 其次,图 38(b)和图 39(a)所示,根据光刻将抗蚀膜 151 图形化,形成分别覆盖成为遮光部 101 区域及成为半遮光部 102 的区域的抗蚀图形 151A。

[0126] 其次,以掩膜图形 151A 为掩膜对 Cr 膜 106 及金属薄膜 107 依序进行蚀刻法,如图 38(c)和图 39(b)所示,除去分别位于成为透光部 104 的区域及成为移相器部 103 的区域的 Cr 膜 106 及金属薄膜 107 之后,除去抗蚀图形 151A。换句话说,在成为透光部 104 的区域、和成为移相器部 103 的区域的分别使石英基板 105 表面露出。

[0127] 其次,如图 38(d)所示,形成覆盖,在被图形化的 Cr 膜 106

上及石英基板 105 上形成抗蚀膜 152 后,如图 38(e)和图 39(c)所示,根据光刻将抗蚀膜 152 图形化,形成覆盖成为透光部 104 的区域的抗蚀图形 152A。这里,也可以使除了成为移相器部 103 的区域附近(配合光掩膜边缘左右)的 Cr 膜 106(分别覆盖成为遮光部 101 的区域及成为半遮光部 102 的区域)为抗蚀图形 152A 所覆盖。

[0128] 其次,以抗蚀图形 152A 及 Cr 膜 106 的一部分作为掩膜对石英基板 105 进行蚀刻,将位于成为移相器部 103 的区域的石英基板 105 下挖使透射的光的相位反转,由此,如图 38(f)和图 39(d)所示,形成成为移相器部 103 的下挖部 105a 之后,除去掩膜图形 152A。这时,下挖部 105a 的开口宽度,与 Cr 膜 106 的开口宽度将实质相同。

[0129] 其次,如图 38(g)所示,在被图形化的 Cr 膜 106 上及包含下挖部 105a 的石英基板 105 上形成抗蚀膜 153 后,如图 38(h)和图 39(e)所示,根据光刻将抗蚀膜 153 图形化,形成覆盖成为遮光部 101 的区域的掩膜图形 153A。

[0130] 其次,以抗蚀图形 153A 作为掩膜对 Cr 膜 106(分别覆盖成为遮光部 101 的区域及成为半遮光部 102 的区域)进行蚀刻,如图 38(i)和图 39(f)所示,除去位于成为半遮光部 102 的区域的 Cr 膜 106 后,除去掩膜图形 153A。由此,仅留下成为遮光部 101 的区域的 Cr 膜 106,在成为半遮光部 102 的区域使金属薄膜 107 露出,完成如图 37 所示的光掩膜。

[0131] (第三实施例)

以下,参照附图说明本发明第三实施例的光掩膜。

[0132] 图 17(a)是表示所要的抗蚀图形形状图,图 17(b)是第三实施例的光掩膜平面图。并且,在图 17(b),斜视图性地示出透射性基板。

[0133] 图 17 如(a)所示,所要图形为抗蚀图形 110。

[0134] 如图 17(b)所示,在透射性基板 100 上足够宽广的区域设置透光部 104。并且,在与根据曝光在晶片上所要形成的掩膜图形(所要图形)110 对应的位置的透射性基板 100 上,与第一实施例相同的,设置有由遮光部 101 和半遮光部 102 构成的掩膜图形。本实施例中,与第一实施例相同的,在该掩膜图形的周缘部(外缘区域的整体)设有半遮光部 102,同时,在该掩膜图形的中心部设置遮光部 101。换句话说,遮光部 101 为半

遮光部 102 所围绕。并且，遮光部 101 及半遮光部 102 其各自的定义与第一实施例相同。

[0135] 本实施例和第一实施例的不同点在于：在与抗蚀图形(所要图形)110 对应的掩膜图形周边，也就是被配置在该掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102 周边，隔着透光部 104 的一部分设置了半遮光部 102。并且，位于被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102、和被配置在其周边的半遮光部 102 之间的透光部 104 的宽度，如后述般最好是  $\lambda/NA$  以下。

[0136] 图 17(c)示出图 17(b)平面图所示的光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说，图 17(c)表示与图 17(b)所示线段 AB 对应部分的剖面结构。如图 17(c)所示，透光部 104 为透射性基板、譬如石英基板 105 的露出区域。被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102、及被配置在其周边的半遮光部 102，与第一实施例相同的，通过以譬如由 Mo 构成的金属薄膜 107 作为半遮光膜在透射性基板 100 上沉积形成。遮光部 101，也和第一实施例相同的，进一步地在金属薄膜 107 上以譬如 Cr 膜 106 作为遮光膜层积形成。换句话说，本实施例的光掩膜剖面结构与第一实施例的不同点在于：在第一实施例的掩膜图形周边追加性所设的半遮光部 102，与被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102 相同的，由金属薄膜(半遮光膜)107 构成。

[0137] 并且，本实施例中，虽然被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102、和在掩膜图形周边所设的半遮光部 102 不一定需要由相同材料构成，但是，通过以相同材料构成两者的半遮光部 102，能够简化光掩膜的剖面结构。

[0138] 以下，通过根据上述构成的本实施例的光掩膜，参照模拟结果来说明与第一实施例相比能够以更小的 MEF 调整 CD 值。

[0139] 图 18(a)及(b)是用来说明本实施例的掩膜图形的模拟结果。具体来说，图 18(a)表示该模拟中所用的掩膜图形，该掩膜图形为线状图形，由宽度 L 的遮光部(譬如以 Cr 膜构成)、和围绕该遮光部的半遮光部构成。这里，在该半遮光部的遮光部两侧(宽度方向两侧)设置的部分的宽度为 D。进一步地，在掩膜图形周边、即掩膜图形的外缘区域配置的半遮光部周边，隔着宽度 S 的透光部设置宽度 H 的半遮光部。并且，在图 18(a)

所示的掩膜图形中,将半遮光部对曝光光的透射率设定为16%,将遮光部的宽度L设定为200nm,将半遮光部的宽度D设定为40nm。并且,有关在掩膜图形周边所设的半遮光部的宽度H,设定为150nm以使得透射率(即16%)造成的掩膜图形不被形成。

[0140] 图18(b)的曲线,是按照模拟求得将图18(a)的掩膜图形曝光时在晶片上形成的图形尺寸(CD值)的结果,具体来说,使上述透光部的宽度S从100nm变化到340nm而在晶片上形成图形时该图形的尺寸(CD值)所绘图的情况。

[0141] 如图18(b)所示,透光部的宽度S从100nm增加到200nm左右之间的CD值减少10nm左右。并且,一旦透光部的宽度S超过200nm,则CD值几乎不变化。换句话说,透光部的宽度S从100nm到200nm的范围,依存于透光部宽度S的MEF(S)为-0.1左右。因此,通过在由遮光部和半遮光部的线状掩膜图形周边进一步设置半遮光部、使得在该半遮光部和线状掩膜图形之间的透光部的宽度S变化来调整CD值的情况,将能够以非常小的MEF控制CD值。

[0142] 上述效果意味着:即使在掩膜图形的掩膜宽度被固定的情况,通过增加透射过掩膜图形周边的透光部的光强度,也将能够使CD值变化。另一方面,一旦透光部的宽度超过 $\lambda/NA$ (上述模拟例子为 $\lambda/NA=227nm$ ),则透射透光部的光饱和则CD值将成为不会变化。换句话说,通过从在外缘区域设置有半遮光部的掩膜图形端部在 $\lambda/NA$ 以下的位置设置其他的半遮光部(至少一部分),将能够以小的MEF调整CD值。

[0143] 并且,本实施例中,在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部、和在掩膜图形周边所设的半遮光部之间的透光部宽度如果是 $\lambda/NA$ 以下就可以,在围绕掩膜图形的透光部的所有部分的宽度无需相同,在 $\lambda/NA$ 以下的范围内透光部的各部分的宽度也可以不相同。

[0144] 并且,本实施例中,随着在掩膜图形周边所设的半遮光部对曝光光的透射率愈高,该半遮光部的尺寸变化时对光学像带来的影响愈小,因此提高MEF降低效果。但,在掩膜图形周边所设的半遮光部对曝光光的透射率为低透射率(譬如半遮光部透射率的下限4%)时,也能够获得充分的MEF降低效果。因此,若是以相同材料构成在掩膜图形的外缘区域所设

的半遮光部、和在掩膜图形周边所设的半遮光部时，与第一实施例相同的，只要使得掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部的 MEF 降低效果能够最适当化来决定两半遮光部对曝光光的透射率就可以。

[0145] 并且，本实施例中，在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部 102 的轮廓、和在掩膜图形中心部所设的遮光部 101 的轮廓为相似形状，但是，为了获得本实施例的效果，如前述般，只要在掩膜图形的外缘区域（即遮光部 101 的周边）设置宽度为  $\lambda/NA$  以下的半遮光部 102 就可以。因此，半遮光部 102 轮廓和遮光部 101 轮廓也可以不是相似形状。

[0146] 并且，本实施例中，虽然在掩膜图形的外缘区域的整体设置半遮光部 102，但是，取而代之，也可以只在掩膜图形的外缘区域中特别想降低 MEF 的部分设置半遮光部就可以。但是，如果在掩膜图形的外缘区域的整体配置半遮光部 102 时，换句话说，以半遮光部 102 围绕遮光部 101 整体周围时，仅通过调整半遮光部 102 的宽度能够简单实施光学相似修正。

[0147] 进一步地，本实施例中，与第一实施例的第二变形例相同的，除了在掩膜图形的外缘区域（遮光部 101 周围）所设的半遮光部 102 之外，通过在该遮光部 101 内部设置半遮光部，能够同时获得 MEF 降低效果和提高了 DOF 效果。这样的情况，该半遮光部对曝光光的透射率最好是 15% 以下（但是为了获得根据半遮光部的有效效果透射率最好是 4% 以上）。这样一来，在遮光部内部所设的半遮光部的尺寸比起  $\lambda/NA$  充分为大时，透射过该半遮光部的光也不会使抗蚀剂感光。因此，将无需考虑按照每个掩膜图形不使抗蚀剂感光的掩膜尺寸上限，而提高了掩膜设计上的自由度，能够简单进行掩膜设计的结构。

[0148] 同时，本实施例中，通过使作为半遮光部（具体的在掩膜图形周边所设的半遮光部）对曝光光的透射率为 25% 以上的值，将能够获得如下效果。一般来说，一旦半遮光部对曝光光的透射率成为 20% 左右，则透射该半遮光部的光使得抗蚀剂感光的可能性将变高，因此，若是使得半遮光部对曝光光的透射率为 25%，在充分确保其边缘的状态能够以透射该半遮光部的光使抗蚀剂感光。换句话说，有关在掩膜图形周边部所设的半遮光部，虽然需要设置为以不形成掩膜图形程度的宽度（即光掩膜被感光程度的宽度），但是，若使用该半遮光部对曝光光的透射率为 25% 以上的值，

则能够使用  $\lambda/NA$  以上的充分大的尺寸的半遮光部。由此，将无需按照每掩膜图形来考虑为了不形成掩膜图形(即不使抗蚀剂感光)的掩膜尺寸上限，因此，将能够提高掩膜设计上的自由度，能够简单进行掩膜设计结构。作为极端的例子，譬如图 19 所示，也可以设置半遮光部 102 来作为覆盖除了掩膜图形及围绕其透光部的其他区域的光掩膜背景。但，为了获得根据半遮光部的有效效果，半遮光部对曝光光的透射率最好是 64% 以下。

[0149] 并且，本实施例中，只要与所要图形对应的掩膜图形的各边平行设置具有  $1.0 \times \lambda/NA$  以下宽度的透光部 104 就可以，譬如图 20 所示，可以在掩膜图形的角部附近设置没有透光部 104 的区域(该区域宽度为分辨率界限的一半以下、即  $0.2 \times \lambda/NA$  以下)。其原因在于：若是分辨率界限的一半以下的尺寸，则不会对掩膜图形形成带来影响。换句话说，本实施例中，以多个矩形透光部围绕掩膜图形的各边，同时，可以使得被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部、和被配置在掩膜图形周边的半遮光部(图 20 为成为光掩膜背景的半遮光部)、在掩膜图形的角部附近连接。这样一来，由于在对应所要图形的掩膜图形的线状端部或是角部不会被透光部围绕，因此，能够回避透射过掩膜图形周边部分附近的光成为过剩的情况。

[0150] (第三实施例的变形例)

以下，参照附图说明本发明第三实施例的变形例。

[0151] 图 21(a)是示出所要的掩膜图形的形状图，图 21(b)是第三实施例的变形例的光掩膜平面图。并且，在图 21(b)，斜视图性地示出透射性基板。

[0152] 如图 21(a)所示，所要图形为掩膜图形 130。

[0153] 如图 21(b)所示，在透射性基板 100 上的足够宽广区域形成有透光部 104。并且，在与根据曝光在晶片上想要形成的掩膜图形(所要图形)130 所对应的位置的透射性基板 100 上，设置由遮光部 101、半遮光部 102 和移相器部 103 构成的掩膜图形。这里，本变形例的掩膜图形，与第二实施例相同的，由具有第一宽度  $L1$  的第一图形区域 201、和具有大于第一宽度  $L1$  的第二宽度  $L2$  的第二图形区域 202 构成。在第一图形区域 201，外缘区域配置有半遮光部 102 同时中心部配置有移相器部 103。在第二图形区域 202，在外缘区域配置有半遮光部 102 同时在中心部配置有遮光部



101。并且，本变形例的遮光部 101、半遮光部 102 及移相器部 103 的各自定义与第二实施例相同。

[0154] 本变形例与第二实施例的不同点在于：在与掩膜图形(所要图形)130 对应的掩膜图形周边，即在该掩膜图形的外缘区域所配置的半遮光部 102 周边，隔着透光部 104 的一部分设置有半遮光部 102。并且，配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102、和配置在其周边的半遮光部 102 之间的透光部 104 的宽度，与第三实施例相同的，最好是  $\lambda/NA$  以下。

[0155] 图 21(c)示出图 21(b)的平面图所示的光掩膜剖面结构的一个例子。具体来说，图 21(c)是表示图 21(b)所示的线段 AB 及线段 CD 各自所对应的部分的剖面结构。如图 21(c)所示，透光部 104 为透射性基板、譬如石英基板 105 的露出区域。在掩膜图形的外缘区域所配置的半遮光部 102、及其周边所配置的半遮光部 102，均与第二实施例相同的，以譬如由 Mo 构成的金属薄膜 107 作为半遮光膜在透射性基板 100 上沉积形成。并且，遮光部 101，与第二实施例相同的，在金属薄膜(半遮光膜)107 上譬如 Cr 膜 106 作为遮光膜加以层积形成。进一步地，在半遮光部 102 内部所设的移相器部 103 为通过在石英基板 105 上所沉积的金属薄膜(半遮光膜)107 设置开口部、并且将位于该开口部的石英基板 105 下挖使透射光的相位反转而形成。换句话说，移相器部 103 是石英基板 105 的下挖部 105a。

[0156] 如上述般，本变形例的光掩膜剖面结构与第二实施例的不同点在于：在第二实施例的掩膜图形周边追加性设置的半遮光部 102，与被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102 相同的，由金属薄膜(半遮光膜)107 构成。

[0157] 并且，本变形例中，被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 102、和被配置在掩膜图形周边的半遮光部 102 不一定需要由相同材料构成，但是，根据以相同材料构成两者的半遮光部 102，与第三实施例相同的，将能够简化光掩膜的剖面结构。

[0158] 以下，根据如上述构成的本变形例的光掩膜，参照模拟结果来说明与第二实施例相比将能够以更小的 MEF 调整 CD 值。并且，本变形例的掩膜图形，图 21(b)所示的第二图形区域 202，与第三实施例的掩膜图形相同的，通过在具有遮光部的掩膜图形的外缘区域设置半遮光部能够获得

MEF 的降低效果，因此，在以下说明中，以如图 21(b)所示第一图形区域 201 的掩膜图形结构，能够获得上述效果。

[0159] 图 22(a)及(b)，是用来说明有关本变形例的掩膜图形(第一图形区域 201)的模拟结果。具体来说，图 22(a)示出该模拟所使用的掩膜图形，该掩膜图形是线状图形，由宽度  $U$  的移相器部、和围绕该移相器部的半遮光部构成。这里，在该半遮光部的移相器部两侧(宽度方向两侧)设置的部分的宽度为  $D$ 。并且，在掩膜图形周边，即掩膜图形的外缘区域配置的半遮光部周边，隔着宽度  $S$  的透光部设置宽度  $H$  的半遮光部。并且，在图 22(a)所示的掩膜图形，将半遮光部对曝光光的透射率设定为 16%，将移相器部的宽度  $U$  设定为 50nm，将半遮光部的宽度  $D$  设定为 30nm。并且，将在掩膜图形周边所设的半遮光部的宽度  $H$  设定为 150nm，使得其透射率(即 16%)造成的掩膜图形不被形成。

[0160] 图 22(b)的曲线，是根据模拟求得将图 22(a)的掩膜图形曝光时在晶片上被形成的图形尺寸(CD 值)的结果，具体来说，示出将上述透光部的宽度  $S$  从 100nm 到 340nm 变化在晶片上形成图形时该图形尺寸(CD 值)绘图的情况。

[0161] 如图 22(b)所示，透光部的宽度  $S$  从 100nm 增加到 200nm 左右之间 CD 值减少 5nm 左右。并且，一旦透光部的宽度  $S$  超过 200nm，CD 值几乎不变化。换句话说，透光部的宽度  $S$  从 100nm 到 200nm 的范围中，依存于透光部的宽度  $S$  的 MEF( $S$ )是 -0.05 左右。因此，由移相器部和半遮光部的线状掩膜图形周边进一步设置半遮光部，通过使该半遮光部和线状掩膜图形之间的透光部的宽度  $S$  上变化来调整 CD 值时，将能够以非常小的 MEF 控制 CD 值。

[0162] 并且，本变形例中，与第三实施例相同的，通过在外缘区域配置的半遮光部的掩膜图形端部在  $\lambda/NA$  以下的位置设置其他的半遮光部(至少一部分)，将能够以小的 MEF 来调整 CD 值。

[0163] 并且，本变形例中也，也与第三实施例相同的，位于在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部、和在掩膜图形周边所设的半遮光部之间的透光部的宽度如果是  $\lambda/NA$  以下就可以，在围绕掩膜图形的透光部的所有部分的宽度无需相同，在  $\lambda/NA$  以下的范围内透光部的各部分宽度可以

不同。

[0164] 并且,本变形例中,随着在掩膜图形周边所设的半遮光部对曝光光的透射率愈高,给予该半遮光部的尺寸变化时的光学像的影响愈小,因此提高MEF降低效果。但是,在掩膜图形周边所设的半遮光部对曝光光的透射率为低透射率(譬如半遮光部的透射率下限4%)时,也能够充分获得MEF降低效果。因此,若是在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部、和在掩膜图形周边所设的半遮光部由相同材料构成时,与第二实施例相同的,使得在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部的MEF降低效果最适化来决定两半遮光部对曝光光的透射率的最适合条件就可以。

[0165] 并且,本变形例中,在掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部102轮廓、和在掩膜图形中心部所设的遮光部101或是移相器部103轮廓是相似形状,取而代之,半遮光部102轮廓和遮光部101或是移相器部103的轮廓也可以不是相似形状。

[0166] 并且,本变形例中,虽然在掩膜图形的外缘区域整体设置了半遮光部102,但是,取而代之,也可以仅在掩膜图形的外缘区域中特别想降低MEF的部分设置半遮光部。但是,如果在掩膜图形的外缘区域整体配置半遮光部102时,换句话说,以半遮光部102围绕遮光部101及移相器部103整体周围时,通过仅调整半遮光部102的宽度能够容易实施光学相似修正。

[0167] 并且,本变形例中,与第二实施例变形例相同的,除了在掩膜图形的外缘区域(遮光部101及移相器部103周围)所设的半遮光部102的外,通过在该遮光部101内部设置半遮光部,能够同时获得MEF降低效果和DOF提高效果。这里,以相同材料来构成该半遮光部和掩膜图形外缘区域的半遮光部102时,与第二实施例的变形例相同的,该半遮光部对曝光光的透射率最好是4%以上并且为15%以下。

[0168] 并且,本变形例中,通过将作为半遮光部(具体来说在掩膜图形周边所设的半遮光部)对曝光光的透射率使用25%以上的值(最好是在64%以下),能够获得如下效果与第三实施例相同。换句话说,在掩膜图形周边部所设的半遮光部,虽然必须设置为不形成掩膜图形程度的宽度(即光掩膜不被感光程度的宽度),但是如果使用25%以上的值作为该半遮光部

对曝光光的透射率，能够使用 $\lambda/NA$ 以上的充分大的尺寸的半遮光部。由此，将无需按照每掩膜图形来考虑不会形成掩膜图形(即不使抗蚀剂感光)的掩膜尺寸上限，因此，掩膜设计上的自由度将变高，容易进行掩膜设计结构。作为极端的情况，譬如图23所示，作为覆盖除了掩膜图形及其围绕的透光部的其他区域的光掩膜背景也可以设置半遮光部102。

[0169] 作为光掩膜背景设置半遮光部102的情况中，设置多个掩膜图形时，只要位于在各掩膜图形的外缘区域所设的半遮光部、和在各掩膜图形周边所设的半遮光部之间的透光部的宽度为 $\lambda/NA$ 以下就可以，如图24所示，在掩膜图形之间的距离为 $2 \times \lambda/NA$ 以上的区域的中心部设有半遮光部102，另一方面，在掩膜图形间距离小于 $2 \times \lambda/NA$ 的区域也可以不设半遮光部。

[0170] 并且，本变形例中，若设置具有与所要图形对应的掩膜图形的各边平行 $1.0 \times \lambda/NA$ 以下的宽度的透光部104就可以，如图25所示，也可以在掩膜图形角部附近设置没有透光部104的区域(该区域的宽度为分辨率界限的一半以下、即 $0.2 \times \lambda/NA$ 以下)，此与第三实施例相同。换句话说，以多个矩形透光部围绕掩膜图形的各边，同时，也可以使在掩膜图形的外缘区域配置的半遮光部、和在掩膜图形周边配置的半遮光部(图25为成为光掩膜背景的半遮光部)在掩膜图形角部附近连接。这样一来，由于在对应所要图形的掩膜图形的线状端部和角部不会被透光部围绕，因此能够回避透射掩膜图形周边的部分附近的光成为过剩。

[0171] 以上，主要说明本变形例的光掩膜平面结构，以下，详细说明有关本变形例的光掩膜剖面结构。图26(a)~(d)和图27(a)、(b)示出分别对应图21(b)所示线段AB及线段CD的部分的剖面结构变形。

[0172] 并且，在第一~第三各实施例中，虽然说明了有关各实施例的光掩膜的典型剖面结构，以下所说明的剖面结构的变形也能够视为在所有实施例中共通变形。换句话说，图26(a)~(d)和图27(a)、(b)所示的剖面结构为对应作为本变形例(第三实施例变形例)平面图的图21(b)，但是若视为其他实施例的剖面结构的变形时，从图26(a)~(d)和图27(a)、(b)所示的剖面结构省略其他实施例中不需要的结构要素就可以。

[0173] 首先，图26(a)所示的光掩膜剖面结构(图21(c)所示的本变

形例的光掩膜剖面结构),是在第一~第三各实施例中作为典型的剖面结构例子所说明的。如图 26(a)所示,透射性基板、譬如石英基板 105 上,在与透光部之间形成对曝光光以同相位的相位差(即 $(-30+360\times n)$ 度以上并且 $(30+360\times n)$ 度以下( $n$ 为整数)的相位差)的半透明半遮光膜(金属薄膜)107。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(但 $n$ 为整数)的相位差。第一~第三的各实施例中,作为符合此“同相位”定义的半遮光膜典型例,使用了 $n$ 成为 0 的金属薄膜。这里,透光部 104 为石英基板 105 的露出区域,半遮光部 102 为石英基板 105 上所沉积的半遮光膜(金属薄膜)107 的露出区域。并且,在石英基板(透射性基板)105 的移相器部 103 形成区域,在与透光部之间下挖对曝光光产生反相位的相位差(即 $(150+360\times n)$ 度以上并且 $(210+360\times n)$ 度以下、(但 $n$ 为整数)的相位差)的厚度。由此,移相器部 103 作为石英基板 105 的下挖部 105a 被形成。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(但 $n$ 为整数的)的相位差。并且,遮光部 101,是在上述半遮光膜(金属薄膜)107 上进一步层积实质不使曝光光透射的遮光膜(Cr 膜)106 加以形成。

[0174] 按照以上图 26(a)所示结构,半遮光膜上准备层积遮光膜的基板,适宜地除去这些膜,进一步地根据下挖透射性基板,将能够形成由透光部 104、遮光部 101、半遮光部 102 及移相器部 103 构成的任意设计。特别是使用金属薄膜作为半遮光膜,将提高半遮光膜的加工精度。因此,根据图 26(a)所示结构,将能够提高掩膜图形的外缘区域所配置的半遮光部的加工精度。

[0175] 其次,如图 26(b)所示光掩膜剖面结构中,在透射性基板、譬如石英基板 105 上,在与该石英基板 105 的露出区域之间形成对曝光光产生反相位的相位差的移相膜 108(对曝光光的透射率与石英基板 105 相等)。这里,透光部 104 是在石英基板 105 上沉积的移相膜 108 的露出区域,相位移动部 103,是移相膜 108 被选择性地除去的石英基板 105 的露出区域。并且,在移相膜 108 上,在与透光部之间进一步层积有对曝光光产生同相位的相位差的半透明的半遮光膜 107。这里,半遮光部 102,是移相膜 108 上被形成的半遮光膜 107 的露出区域。并且,遮光部 101,通过在上述

半遮光膜 107 上进一步层积实质地不使曝光光透射的遮光膜 106 被形成。

[0176] 按照以上图 26(b)所示结构,通过使用移相膜 108,移相器部 103 的相位根据移相膜 108 薄膜厚度而受到决定。因此,若与根据石英基板 105 等的透射性基板的下挖深度来控制移相器部 103 的相位相比的情况,提高了移相器部 103 的相位控制精度。

[0177] 其次,图 26(c)所示的光掩膜剖面结构中,在透射性基板、譬如石英基板 105 上,在与该石英基板 105 的露出区域之间形成有对曝光光产生反相位的相位差的半透明移相膜 109。这里,透光部 104,是位于移相膜 109 选择性地被除去的位置的石英基板 105、下挖产生反相位相位差的深度的区域。并且,移相器部 103,是移相膜 109 被除去的石英基板 105 的露出区域,半遮光部 102,是石英基板 105 上被沉积的移相膜 109 的露出区域。并且,遮光部 101,通过在上述移相膜 109 上层积实质地不使曝光光透射的遮光膜 106 而形成。

[0178] 对了,在本发明的光掩膜平面结构,根据本发明的原理,有关透光部将无需比起移相器部微小图形。并且,一般的,成为移相器部的透射性基板的下挖部根据蚀刻工序被形成。可是,一旦在蚀刻工序中加工图形变得细微,则将发生依存于图形尺寸下挖深度变化的微负载(microlading)效果。对这里,根据图 26(c)所示结构,石英基板 105 等的透射性基板的下挖部不是成为移相器部而成为透光部,同时,如前述般,本发明的光掩膜结构中,有关透光部将不需要比移相器部细微的图形。因此,下挖透射性基板时能够回避微负载效果,使得光掩膜加工变得容易。

[0179] 其次,如图 26(d)所示光掩膜剖面结构中,透射性基板、譬如在石英基板 105 上,在与该石英基板 105 的露出区域之间形成有对曝光光产生反相位的相位差的移相膜 108(对曝光光的透射率与石英基板 105 同等)。这里,透光部 104 是石英基板 105 的露出区域,移相器部 103 是在石英基板 105 上被沉积的移相膜 108 的露出区域。并且,在移相膜 108 上,在与透光部 104 之间进一步层积有对曝光光产生反相位的相位差的半透明的移相膜 109。这里,半遮光部 102,是移相膜 108 上被形成的移相膜 109 的露出区域。并且,遮光部 101,是在上述移相膜 109 上层积实质地不使曝光光透射的遮光膜 106 而形成。

[0180] 按照以上图 26(d)所示结构, 由于半遮光部 102 及移相器部 103 的各自相位为在透射性基板上被沉积的薄膜厚度所控制, 因此将能够进行高精度的相位控制。

[0181] 其次, 在图 27(a)所示光掩膜剖面结构中, 是在透射性基板、譬如石英基板 105 上, 在与透光部 104 之间形成有对曝光光产生同相位的相位差的半透明半遮光膜 107。这里, 透光部 104 是石英基板 105 的露出区域, 半遮光部 102, 是石英基板 105 上被沉积的半遮光膜 107 的露出区域。并且, 半遮光膜 107 上, 在与透光部 104 之间形成有对曝光光产生反相位的相位差的移相膜 108(对曝光光的透射率与石英基板 105 同等)。这里, 移相器部 103, 是半遮光膜 107 上被沉积的移相膜 108 的露出区域。并且, 遮光部 101, 是在上述移相膜 108 上进一步层积实质地不使曝光光透射的遮光膜 106 而形成。

[0182] 按照以上图 27(a)所示结构, 能够独立地控制透光部 104、移相器部 103 及半遮光部 102 的各自相位, 因此能够实现各部分之间的相位差被正确设定的光掩膜。

[0183] 其次, 在图 27(b)所示光掩膜剖面结构中, 是在透射性基板、譬如石英基板 105 上, 在与该石英基板 105 的露出区域之间形成有对曝光光产生反相位的相位差的半透明移相膜 109。这里, 透光部 104, 是位于移相膜 109 选择性地被除去的位置的石英基板 105 下挖产生反相位的相位差的厚度区域。并且, 在上述移相膜 109 上, 在与石英基板 105 的露出区域之间层积有对曝光光产生反相位的相位差的移相膜 108(对曝光光的透射率与石英基板 105 同等)。这里, 半遮光部 102, 是石英基板 105 上被形成的移相膜 109 的露出区域, 移相器部 103, 是在移相膜 109 上进一步层积的移相膜 108 的露出区域。并且, 遮光部 101, 是在上述移相膜 108 上进一步层积实质地不使曝光光透射的遮光膜 106 而形成。

[0184] 但是, 图 26(b)~(d)和图 27(a)、(b)所示的剖面结构的光掩膜, 作为产生反相位的相位差的移相器部的薄膜厚度、或是产生同相位的相位差的半遮光部的薄膜厚度, 为了调整相位必须为数百 nm 左右。相对这里, 图 26(a)所示的剖面结构的光掩膜, 使用厚度数十 nm 左右的薄膜作为半遮光部 102, 因此在光掩膜加工的图形化中细微加工将变得容易。这里,

作为该薄膜能够使用的金属材料，譬如 Cr(铬)、Ta(钽)、Zr(铪)、Mo(钼)及 Ti(钛)等金属及其合金。作为具体的合金有 Ta-Cr 合金。并且，也可以使用作为金属和硅的化合物的 Zr-Si、Mo-Si 及 Ti-Si 等。

[0185] 如上述般，按照具有图 26(a)所示剖面结构的光掩膜，由于成为加工对象的膜为金属薄膜 107，在光掩膜加工的细微加工将变得容易。因这是为了获得本发明的效果，在透光部 104 和移相器部 103 之间需要设置成为半遮光部的非常细微图形的情况，具有 26(a)所示的剖面结构的光掩膜将成为特别优良的光掩膜。

[0186] 并且，图 26(a)~(d)和图 27(a)、(b)的各光掩膜中，虽然作为单层膜说明半遮光膜及移相膜等，但是无需赘言也可以以多层膜来构成这些膜。

[0187] 以下，说明本发明适用于反射型光掩膜的实施例。如“前提事项”中所说明的，以反射型光掩膜取代透射型光掩膜时，有关图 1(b)等所示的各实施例的光掩膜平面结构，虽然以透射型光掩膜为前提所说明的内容中，将透光部或是透光区域替换为反射部或是反射区域，将遮光部替换为非反射部，将半遮光部替换为半反射部、将透射率替换为反射率就可以。但是，移相器部还是移相器部。

[0188] 其次，说明为了实现将图 21(b)所示的本变形例(第三实施例的变形例)的光掩膜平面结构视为“反射型光掩膜”时的该平面结构的剖面结构。图 28 是示出图 21(b)所示的本变形例的光掩膜(反射型光掩膜)的线段 AB 及线段 CD 的各自对应部分的剖面结构的一个例子。并且，图 28 所示的剖面结构为对应作为本变形例平面图的图 21(b)，但是，如果视为其他实施例的剖面结构的变形时，从图 28 所示的剖面结构省略其他实施例不用的构成要素就可以。

[0189] 在图 28 所示的光掩膜剖面结构中，在基板 500 上，形成有反射曝光光的第一反射层 501，同时，在第一反射层 501 上，形成有对在 501 被反射的光以反相位反射光的第二反射层 502。并且，基板 500 的露出区域，是取代遮光部 101 的非反射部 101'。并且，作为基板 500 的构成材料，譬如能使用氧化硅的化合物等。进一步地，第一反射层 501 及第二反射层 502 的各自的反射面的高度，只要使相位(180 度±30 度+360



度 $\times n$ ( $n$ 为整数))互异就可以。这里,取代透光部104的反射部104',是在基板500上被形成的第一反射层501的露出区域,取代移相器部103的移相器部103',是在第一反射层501上被形成的第二反射层502的露出区域。进一步地,通过在第二反射层502上选择性地层积部分吸收光的吸收层503,形成有取代半遮光部102的半反射部102'。

[0190] 如上述般,即使将本发明适用于反射型光掩膜,也能够获得适用于透射型光掩膜相同的效果。换句话说,通过在掩膜图形的外缘区域或是其周边设置半反射部,在同时形成具有含细线图形的各种尺寸的图形时,将能够对形成任意尺寸图形时降低MEF,晶片上精度良好的形成所要尺寸的图形。

[0191] 并且,在图28所示结构,虽然使用了基板500的露出区域作为非反射部101',但是,这是一个例子,非反射部101'只要是在基板500的不存在反射层501及502的区域就可以。

[0192] (第4实施例)

以下,参照附图说明有关本发明第4实施例的图形形成方法,具体来说即使用第一~第三实施例或是其变形例的任何一例中的光掩膜(以下称为本发明的光掩膜)的图形形成方法。

[0193] 图29(a)~(d),是示出第4实施例的图形形成方法的各工序剖面图。

[0194] 首先,如图29(a)所示,在基板600上形成譬如金属膜或是绝缘膜等的被加工膜601之后,如图29(b)所示,在被加工膜601上,形成譬如形成正型的抗蚀膜602。

[0195] 其次,如图29(c)所示,隔着本发明的光掩膜、譬如具有图1(c)所示剖面结构的第一实施例的光掩膜对抗蚀膜602照射曝光光603。由此,根据透射过该光掩膜的曝光光604使得抗蚀膜602曝光。这时,在上述光掩膜的掩膜图形,由在作为透射性基板的石英基板105上被形成的半遮光膜107的露出区域构成的半遮光部、和在半遮光膜107上被形成的遮光膜106的露出区域的遮光部构成。换句话说,上述掩膜图形的外缘区域配置有半遮光部,同时在上述掩膜图形中心部配置有遮光部。

[0196] 并且,在图29(c)所示的曝光工序,譬如用离轴曝光(离轴照

明 off-axis illumination)用的光源对抗蚀膜 602 进行曝光。这时,如图 29(c)所示,显影工序光掩膜被照射足以使光掩膜溶解的曝光能源的只有上述光掩膜的与上述掩膜图形以外的区域对应的抗蚀膜 602 的潜影部分 602a。

[0197] 其次,通过对抗蚀膜 602 进行显影除去潜影部分 602a,如图 29(d)所示,形成在上述光掩膜的与上述掩膜图形对应的掩膜图形 605。

[0198] 按照上述说明的本实施例,由于为使用了本发明的光掩膜(具体来说第一~第三实施例或是其变形例的光掩膜)的图形形成方法,因此,能够获得与第一~第三实施例或是其变形例相同的效果。

[0199] 并且,在本实施例,对于被涂布有光掩膜的基板(晶片)隔着本发明的光掩膜进行曝光时使用离轴曝光用的光源,特别是根据具有移相器部的第二实施例及第三实施例变形例的光掩膜,即使在细微图形形成也能够获得高对比的遮光像,因此,将能够形成更细微的图形。这里,所谓离轴曝光用的光源,对于如图 30(a)所示的一般曝光用的光源,意味着垂直射入成分(从光源对光掩膜垂直射入的曝光光成分)被除去,譬如如图 30(b)~(d)所示光源。作为代表性的离轴曝光用的光源,有如图 30(b)所示的环状曝光用的光源、和图 30(c)及(d)所示的四极曝光用的光源。并且,虽然多少依存所要的目的图形,但是,一般来说,比其环状曝光用的光源,四极曝光用的光源在对比的强调或是 DOF 的扩大为有效。

[0200] (第 5 实施例)

以下,参照附图说明本发明第 5 实施例的光掩膜数据作成方法。本实施例亦为第一~第三实施例或是其变形例的光掩膜(以下称为本发明的光掩膜)的光掩膜数据作成。

[0201] 图 31 是示出本实施例的光掩膜数据作成方法的基本流程图。并且,图 32(a)是示出以本发明的光掩膜想要形成的所要图形,具体来说,示出与本发明的光掩膜的掩膜图形对应的设计图形的一个例子。换句话说,图 32(a)所示的图形 701~703,相当于在使用了本发明光掩膜的曝光中不想使抗蚀剂感光的区域的图形、即掩膜图形。进一步地,图 32(b)、图 33(a)(b)、图 34(a)(b)和图 35 各自示出本实施例的光掩膜数据作成方法的各工序时中具体的掩膜图形作成例图。

[0202] 并且,说明本实施例的图形形成时,如果没有特别说明,以使用正型抗蚀工艺作为前提来进行说明。换句话说,假设根据显影来除去抗蚀剂感光区域并且光掩膜非感光区域作为掩膜图形残存来进行说明。因此,如果使用负型抗蚀工艺取代正型抗蚀工艺时,则除了抗蚀剂感光区域作为掩膜图形残存、并且光掩膜非感光区域被除去之外,予以相同考虑就可以。

[0203] 首先,步骤 S1 中,所要的图形、譬如将图 32(a)所示图形 701~703,输入光掩膜数据作成所使用的电脑。这时,预先设定构成掩膜图形的移相器部及半遮光部的各自透射率。并且,因应所需,也可以事前进行所要图形的变形、即图形各部的扩大或是缩小。

[0204] 其次,步骤 S2 中,根据曝光条件、以及上述移相器部和半遮光部的各自透射率等的光掩膜参数,如图 32(b)所示,将图形 701~703 各自分类为设置移相器部的第一图形区域 711、和设置遮光部的第二图形区域 712。这时,作为分类图形的方法,譬如对图形 701~703 可以设定规定的线宽  $L_0$ ,具有  $L_0$  以下的线宽的区域作为第一图形区域 711,具有大于  $L_0$  的线宽的区域作为第二图形 712。

[0205] 其次,步骤 S3 中,如图 33(a)所示,在第一图形区域 711 内部,设置对透射透光部的曝光光以相反相位使曝光光透射的移相器部 721,同时,在第二图形区域 712 内部设置遮光部 722。这里,在第一图形区域 711 内部所设的移相器部 721,若是第一图形区域 711 具有线宽  $L_1$  ( $L_1 \leq L_0$ ) 的第一移相器区域、和具有线宽  $L_2$  ( $L_1 < L_2 \leq L_0$ ) 的第二移相器区域,在第一移相器区域内部所设的移相器部 721 的宽度  $U_1$  最好是大于在第二移相器区域内部所设的移相器部 721 的宽度  $U_2$  (参照第二实施例)。

[0206] 其次,步骤 S4 中,如图 33(b)所示,在第一图形区域 711 及第二图形区域 712 的各自的外缘区域,设置对透射透光部的曝光光以同相位并且使曝光光部分地透射的半遮光部 723。换句话说,设定半遮光部 723 使得其围绕在步骤 S3 设定的移相器部 721 及遮光部 722。这时,最好是将半遮光部 723 的尺寸设定成能够形成所要的掩膜图形,但是,由于本实施例稍后步骤中进行光学相似修正(OPC),步骤 S4 中可以将半遮光部 723 设定为暂定尺寸。

[0207] 其次,因应所需,在步骤 S5 中,如图 34(a)所示,也可以在遮

光部 721 内部设置半遮光部 724。

[0208] 其次，因应所需，在步骤 S6 中，如图 34(a)所示，在第一图形区域 711 及第二图形区域 712 的各自的外缘区域所配置的半遮光部 723 的周边，也可以隔着透光部设置其他的半遮光部 725。

[0209] 并且，上述步骤 S5 及 S6 可以适宜地省略。

[0210] 其次，步骤 S7 中，使用本发明的光掩膜进行曝光时，与光掩膜的掩膜图形对应，来进行掩膜图形的尺寸调整处理(即 OPC 处理)的准备，以使得形成具有所要尺寸的掩膜图形。本实施例中，步骤 S4 之前决定移相器部 721 及遮光部 722 的尺寸，因此，在 OPC 处理，通过仅调整半遮光部 723 的尺寸，做成能够实现所要 CD 的光掩膜数据。为此，譬如如图 34(b)所示，在步骤 S4 将第一图形区域 711 及第二图形区域 712 的各自的外缘区域所配置的半遮光部 723 的轮廓设定为 CD 调整边(edge)731~733。换句话说，通过 CD 调整边 731~733 的分割及/或是移动，来改变掩膜图形的外形形状进行 OPC 处理。并且，分割位于掩膜图形的各边上的 CD 调整边 731~733，将分割被细分化的边以其单位使的移动。

[0211] 其次，步骤 S8、步骤 S9 及步骤 S10 中，进行 OPC 处理(譬如模型基本 OPC 处理)。具体来说，在步骤 S8，通过对光学原理及光掩膜显影特性、以及若有所需蚀刻特性等加以考虑后的模拟，预测根据本发明的光掩膜被形成的掩膜图形尺寸(正确来说光掩膜非感光区域的尺寸)。接着，在步骤 S9 中，调查所预测的图形尺寸是否与所要目标的图形尺寸相符。若不相符时，在步骤 S10，通过按照图形的预测尺寸和所要尺寸的差使 CD 调整边 731~733 移动，来改变被配置在掩膜图形的外缘区域的半遮光部 723 的外形形状，由此进行掩膜图形的变形。

[0212] 这里，本实施例的特征在于：通过在步骤 S3 中因应所要图形尺寸来决定掩膜图形内部所设的移相器部及遮光部的各自形状、在步骤 S8~S10 只使构成掩膜图形外缘区域的半遮光部形状变化，实现具有所要尺寸图形的掩膜图形。换句话说，通过重复步骤 S8~S10 直到图形的预测尺寸和所要尺寸相符为止，最后在步骤 S11 中，输出能形成具有所要尺寸的图形的掩膜图形。图 35 示出在步骤 S11 被输出的掩膜图形的一个例子。如图 35 所示，进行成为移相器部 821、遮光部 822、半遮光部 823~825 的各自

区域的图形数据的作成。

[0213] 如上述所说明、使用具备了本实施例的光掩膜数据作成方法制作的掩膜图形的本发明的光掩膜，一旦对被涂布光掩膜的晶片进行曝光，则能得到如下效果。换句话说，通过在掩膜图形的外缘区域或是其周边设置半遮光部，同时形成包含细线图形的各种尺寸的图形时，对任意尺寸的图形形成能够降低MEF，能够在晶片上精度良好的形成所要尺寸的图形。

[0214] 根据本实施例，由于本发明的光掩膜能够降低对掩膜图形外缘区域的MEF，因此能够降低在OPC处理时掩膜尺寸的修正误差引起的晶片上的CD值形成误差。

[0215] 并且，本实施例中，虽然以透射型光掩膜为对象进行说明，但是并非用来限定本发明，譬如将透射率替换为反射率等，将曝光光的透射现象替换为反射现象加以思考，则无需赘言的以反射型光掩膜为对象的情况，也能够进行与实施例相同的光掩膜数据作成。

产业上利用可能性

[0216] 如以上说明，本发明是有关光掩膜、使用该光掩膜的图形形成方法、以及光掩膜数据作成方法，对于适用于用来制造半导体集成电路装置等的细微图形形成时非常有用。

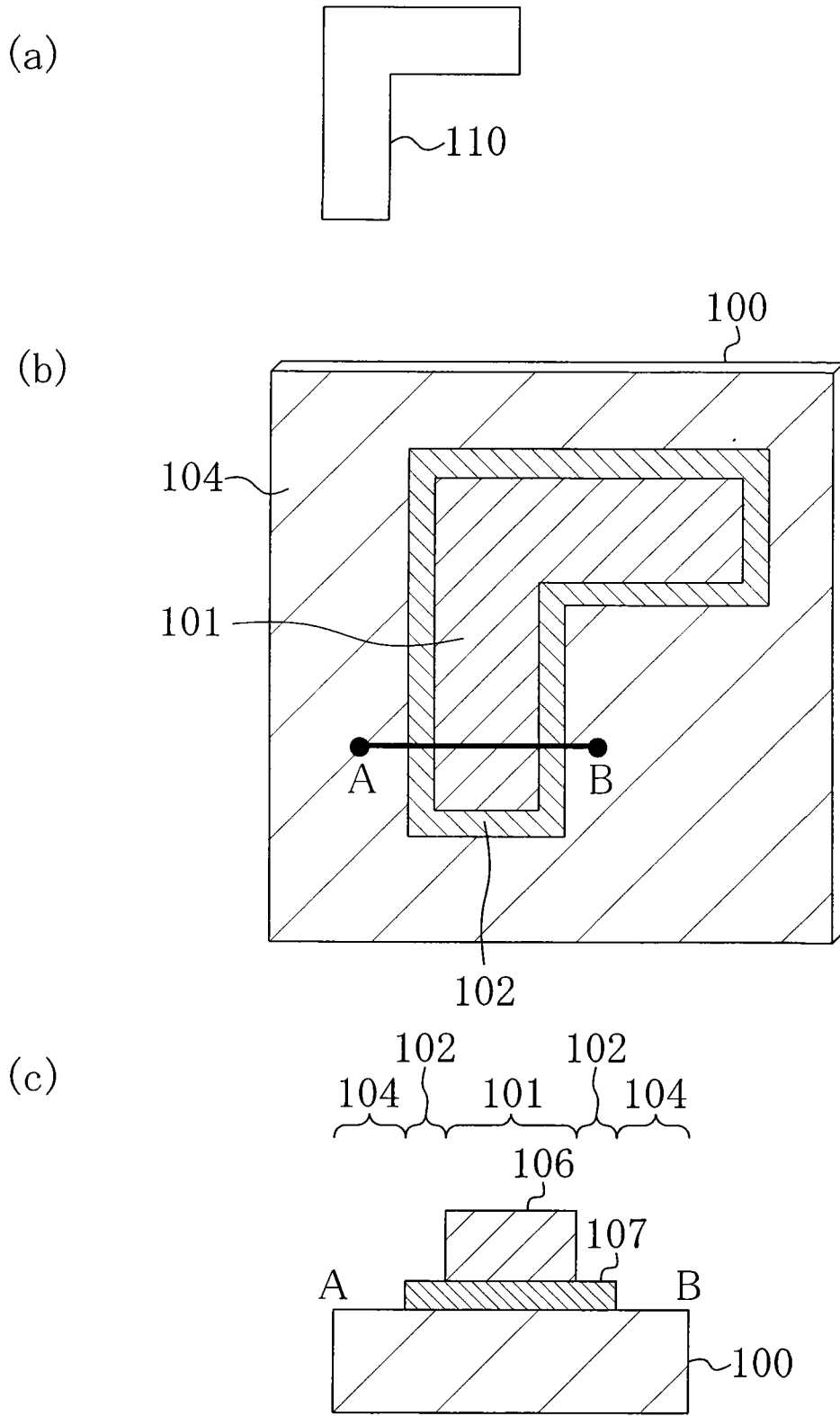


图 1

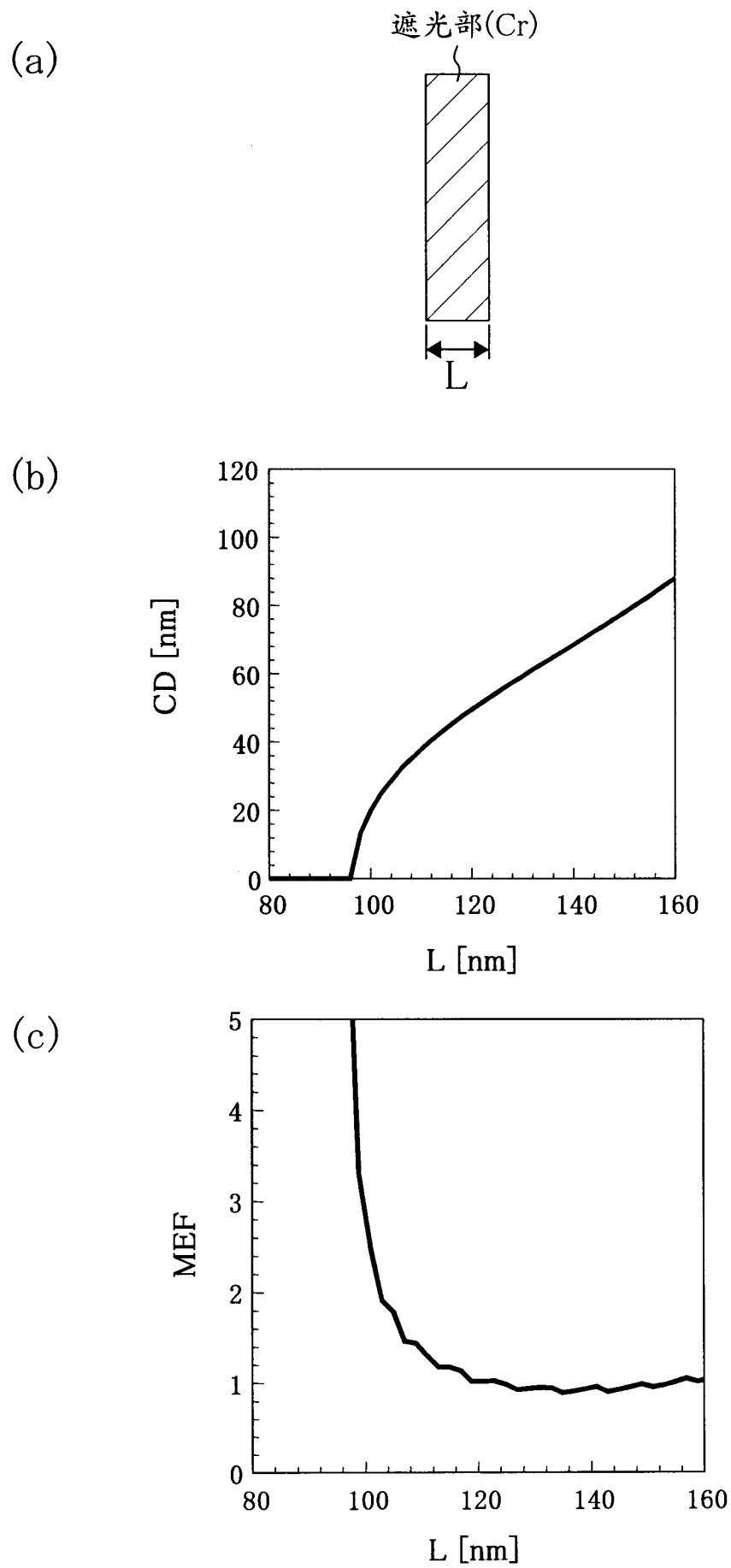


图 2

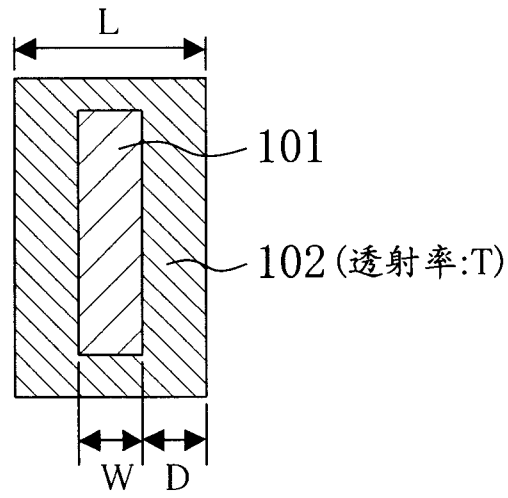


图 3

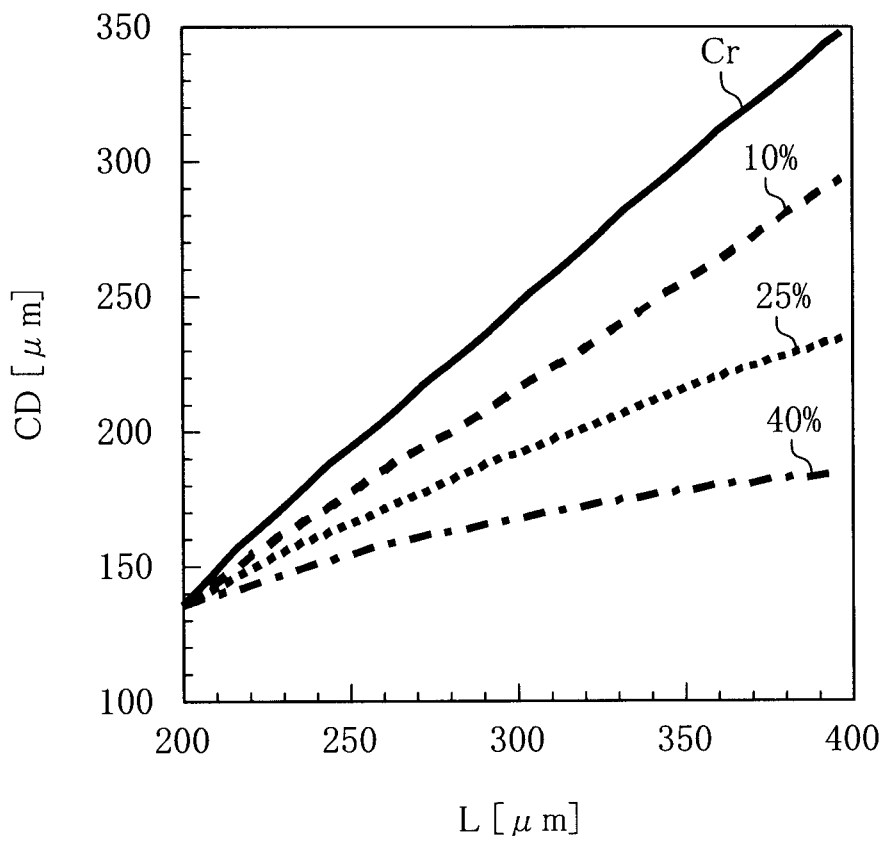


图 4



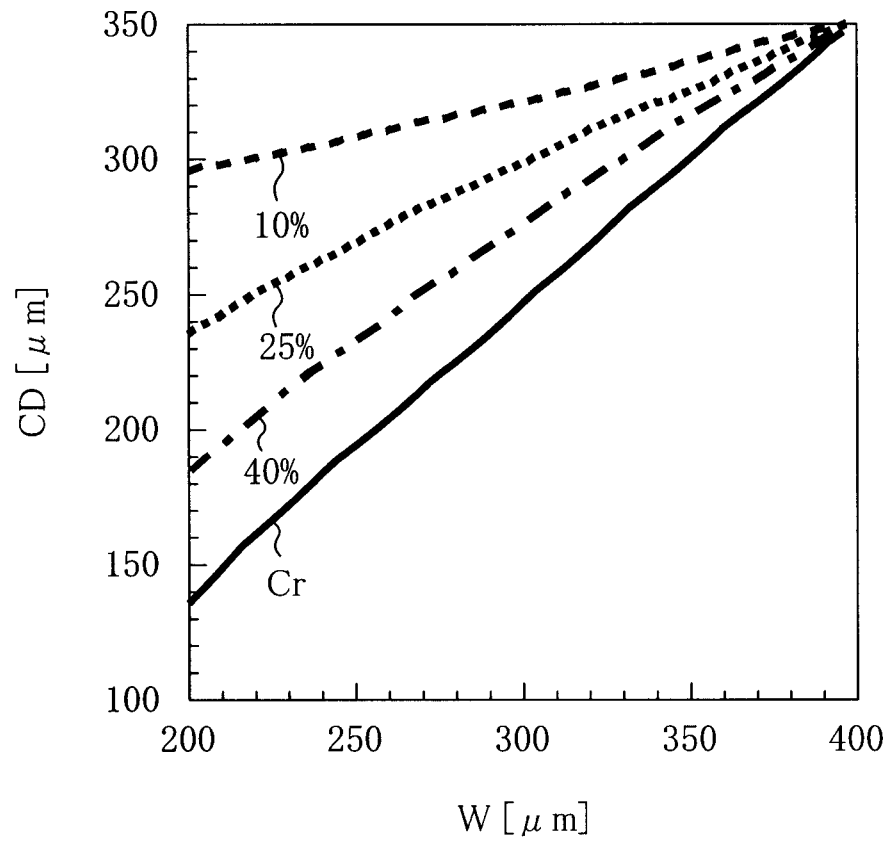


图 5

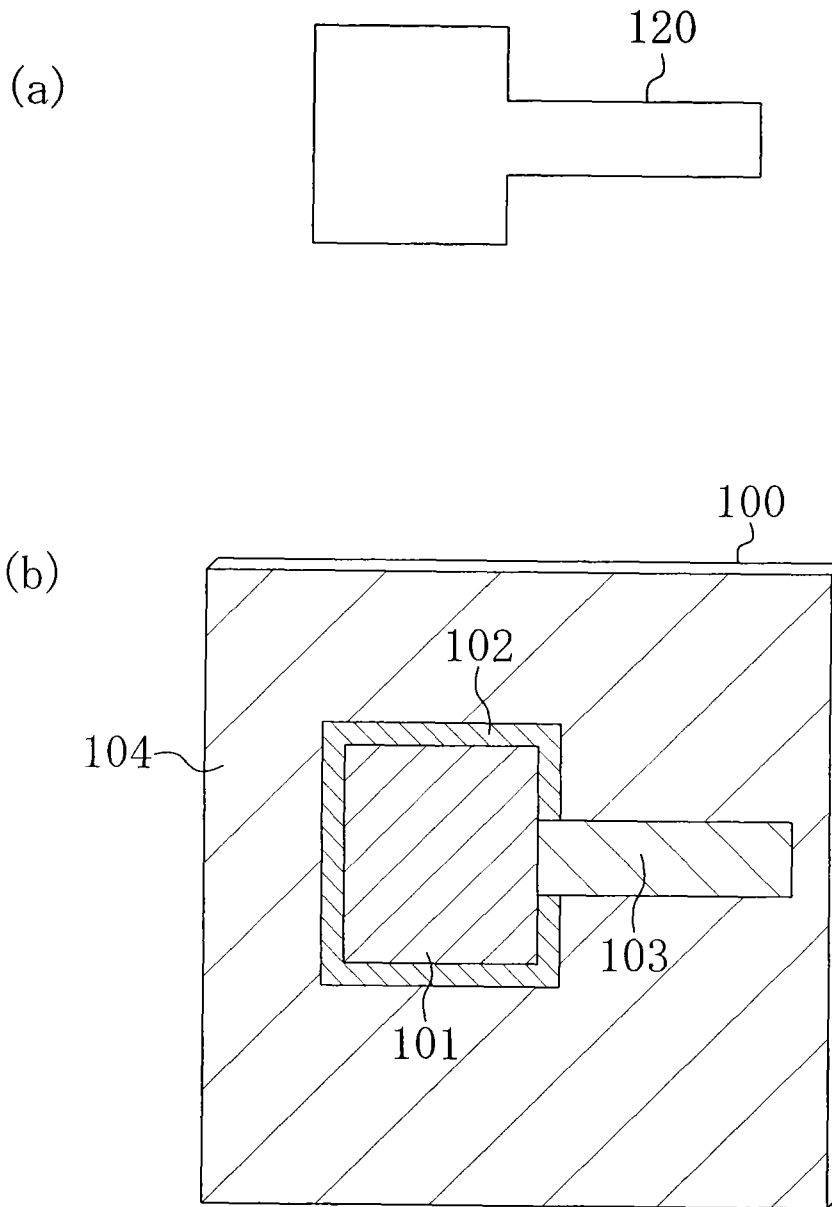


图 6

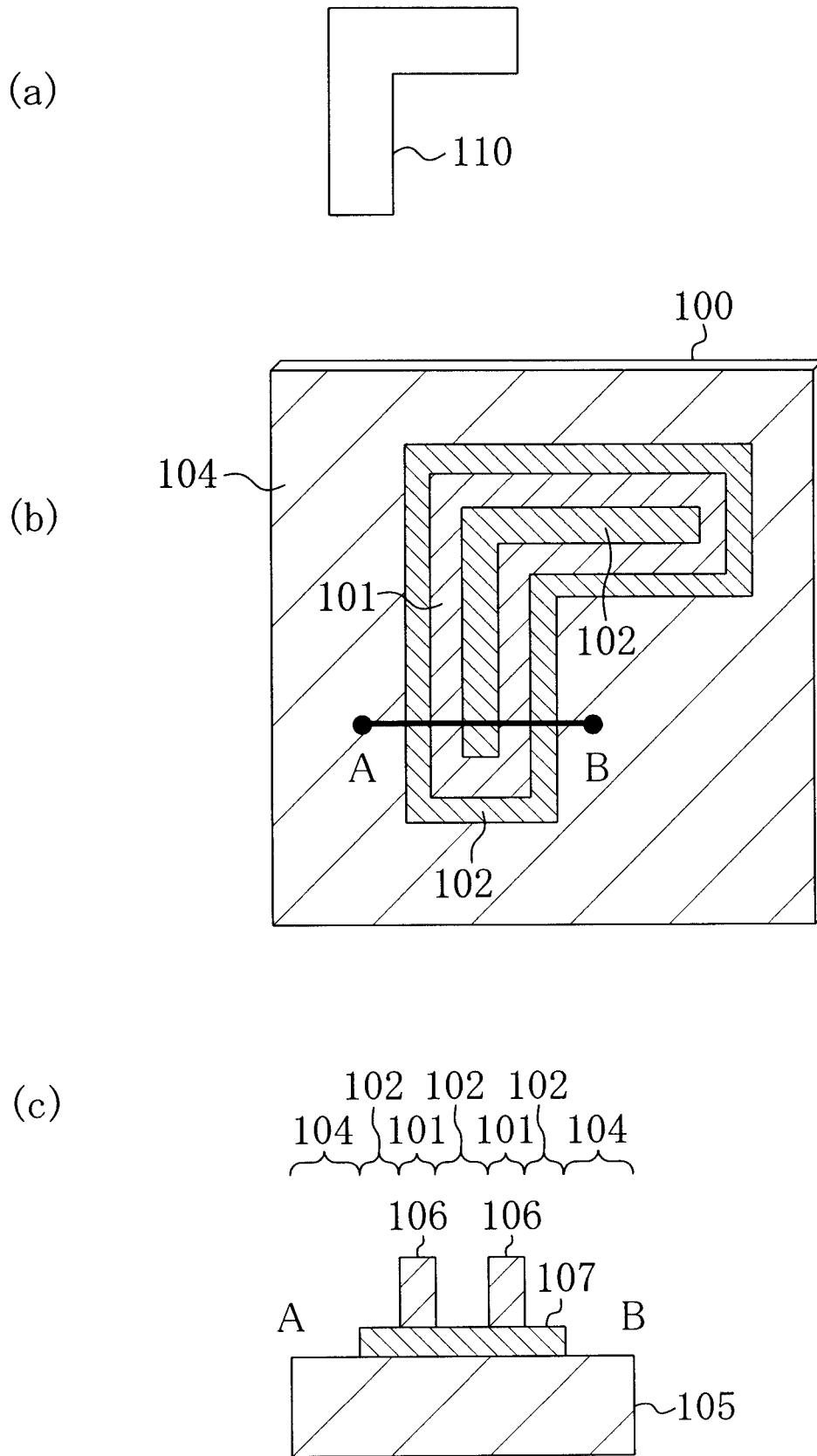


图 7

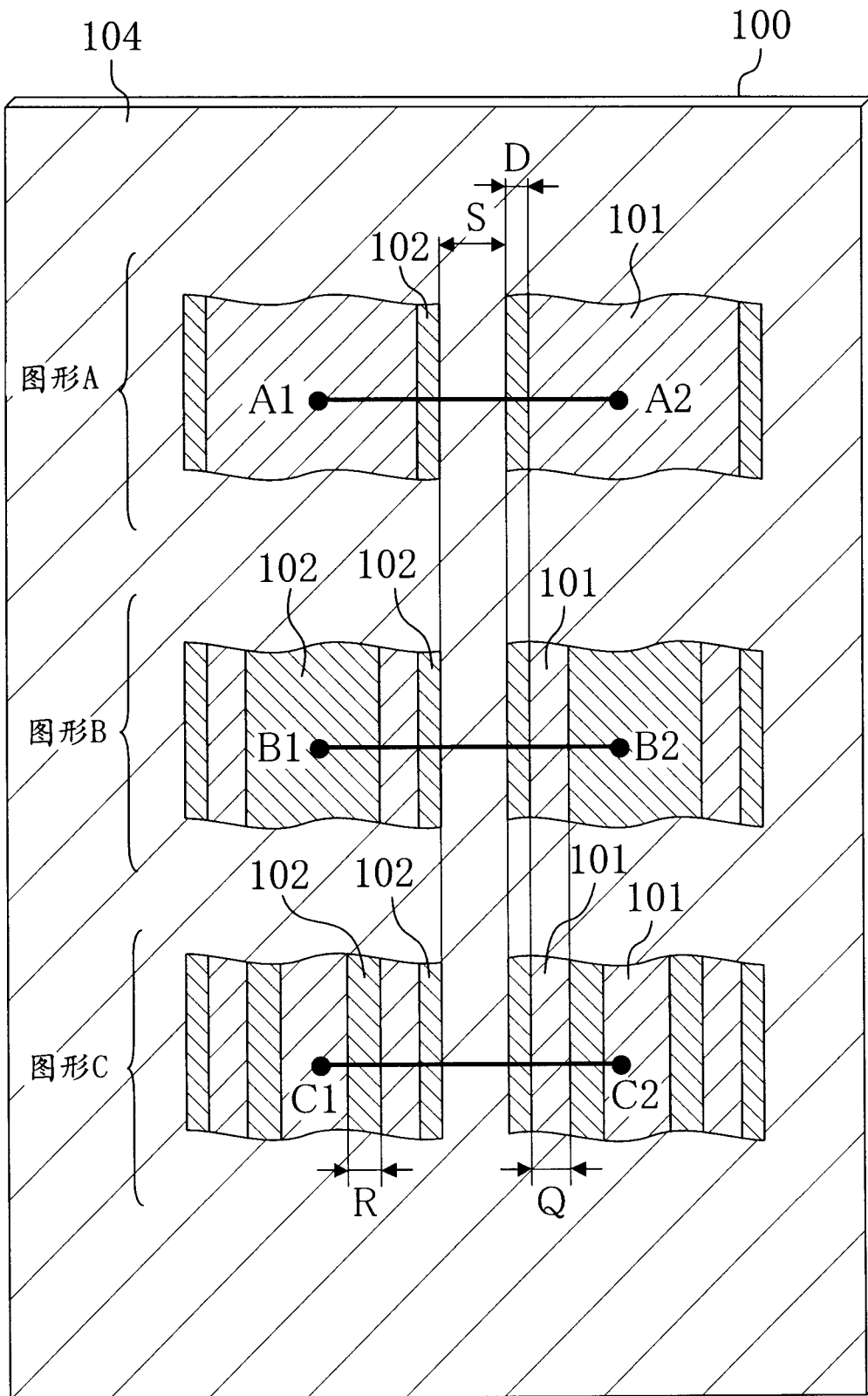


图 8

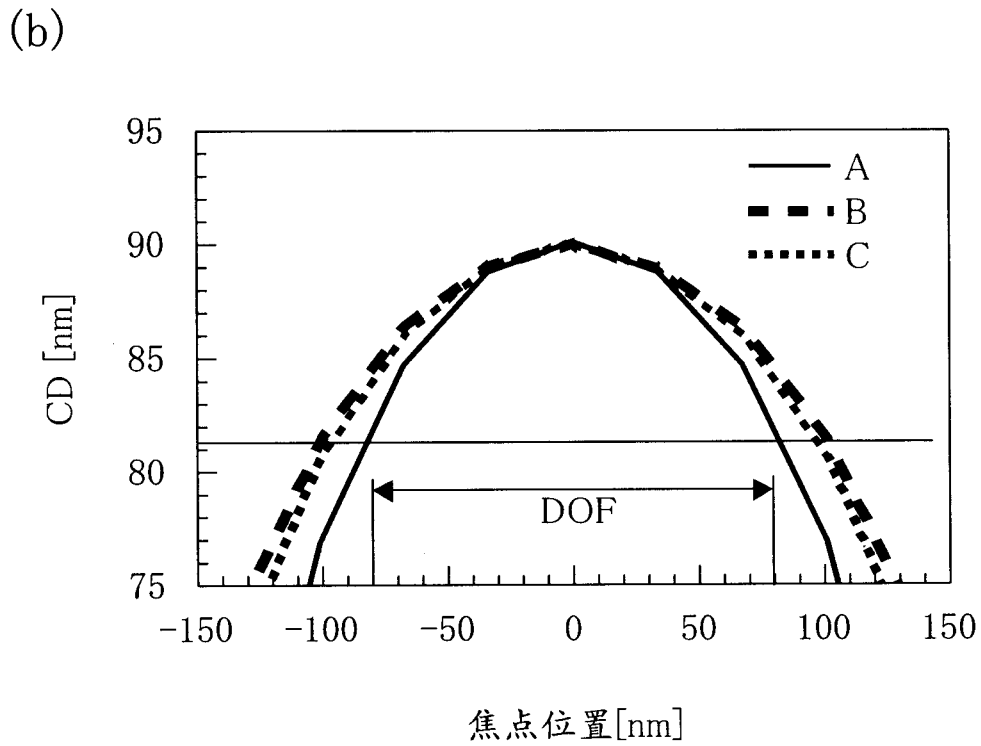
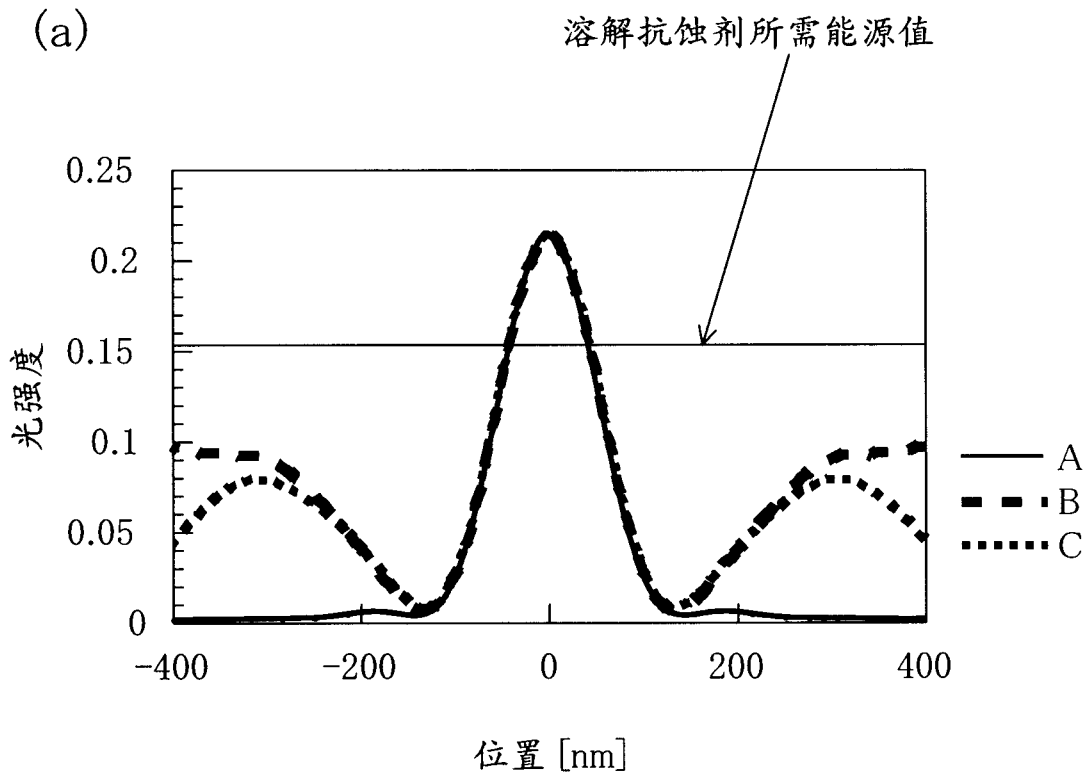


图 9

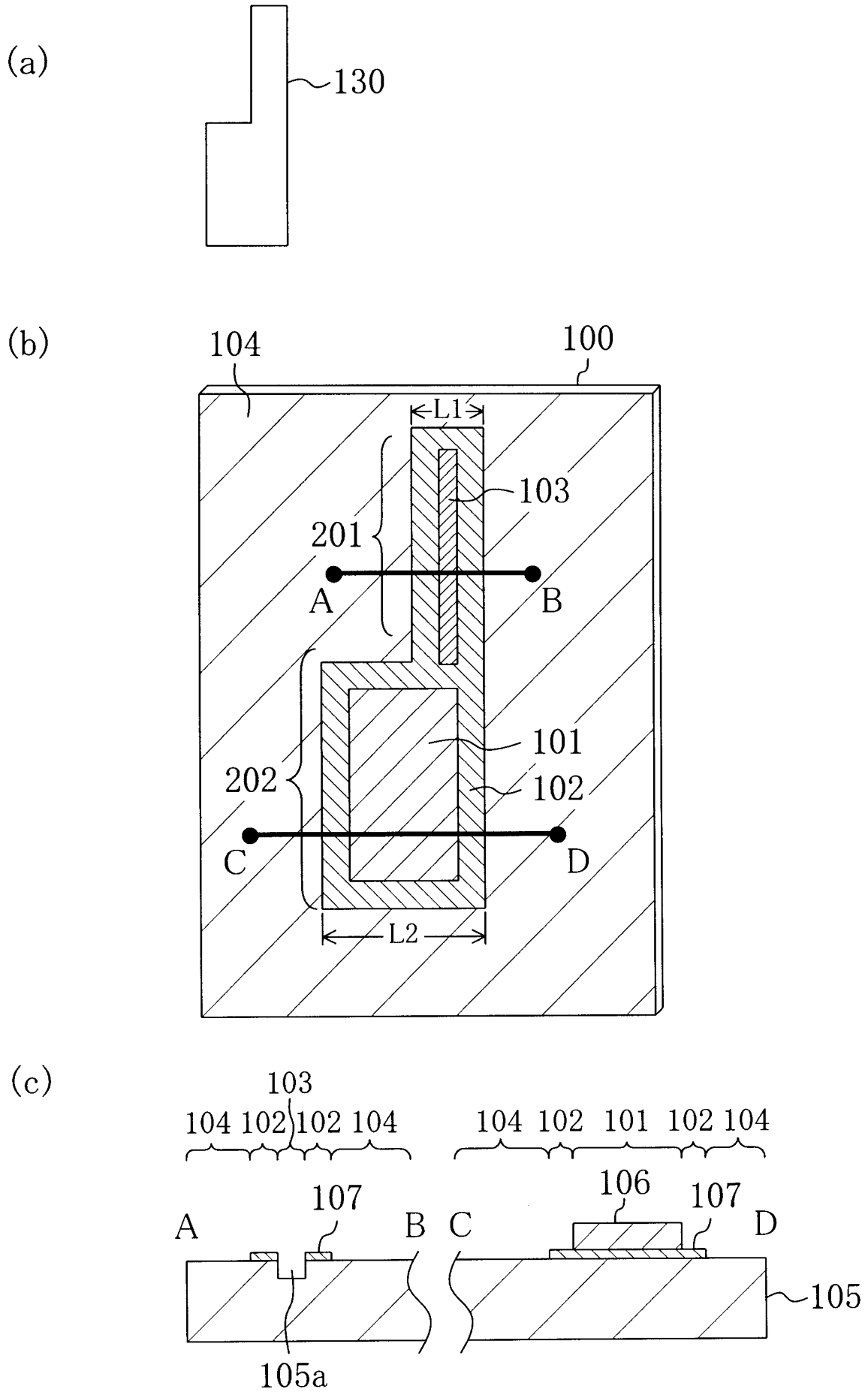


图 10

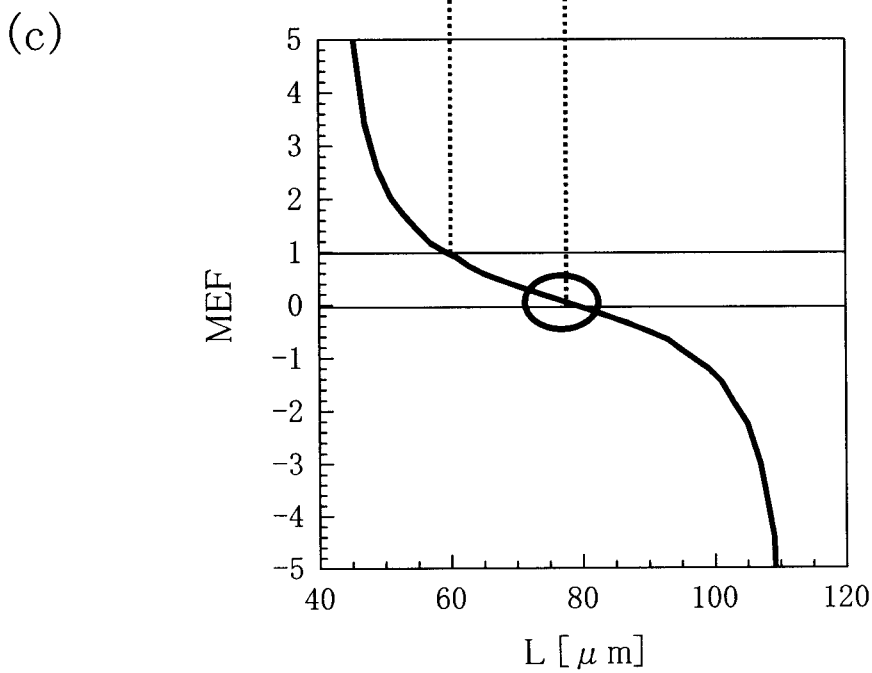
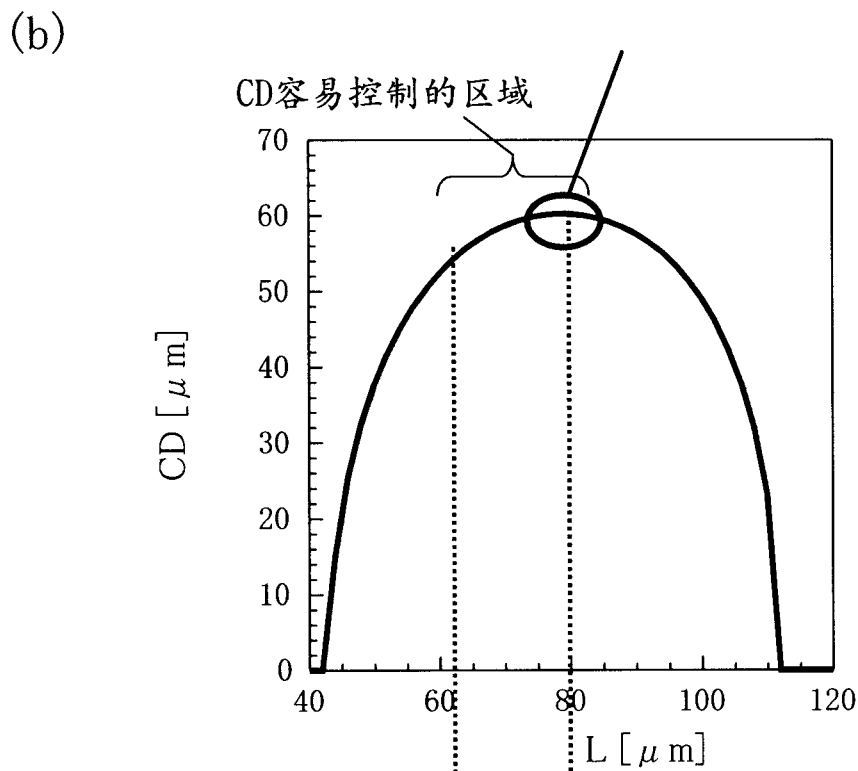
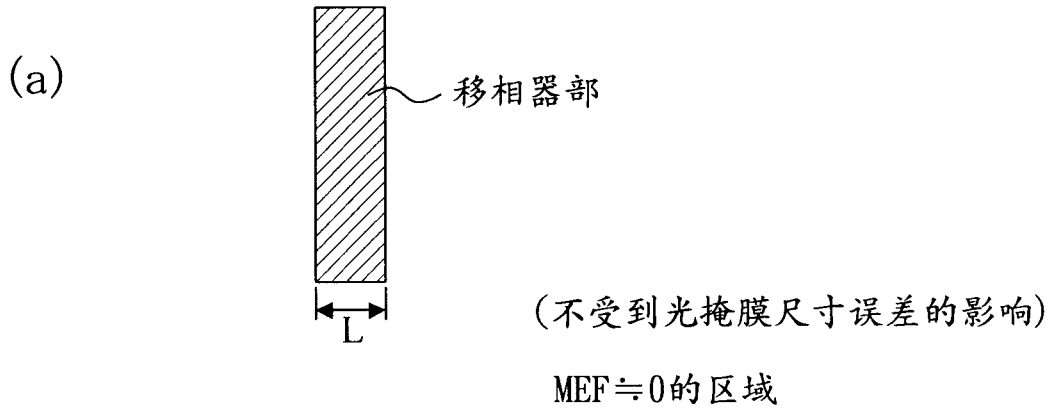
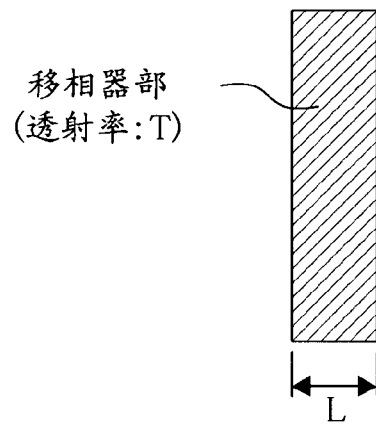


图 11

(a)



(b)

按照每图形改变透射率时  
能够实现MEF=0的区域

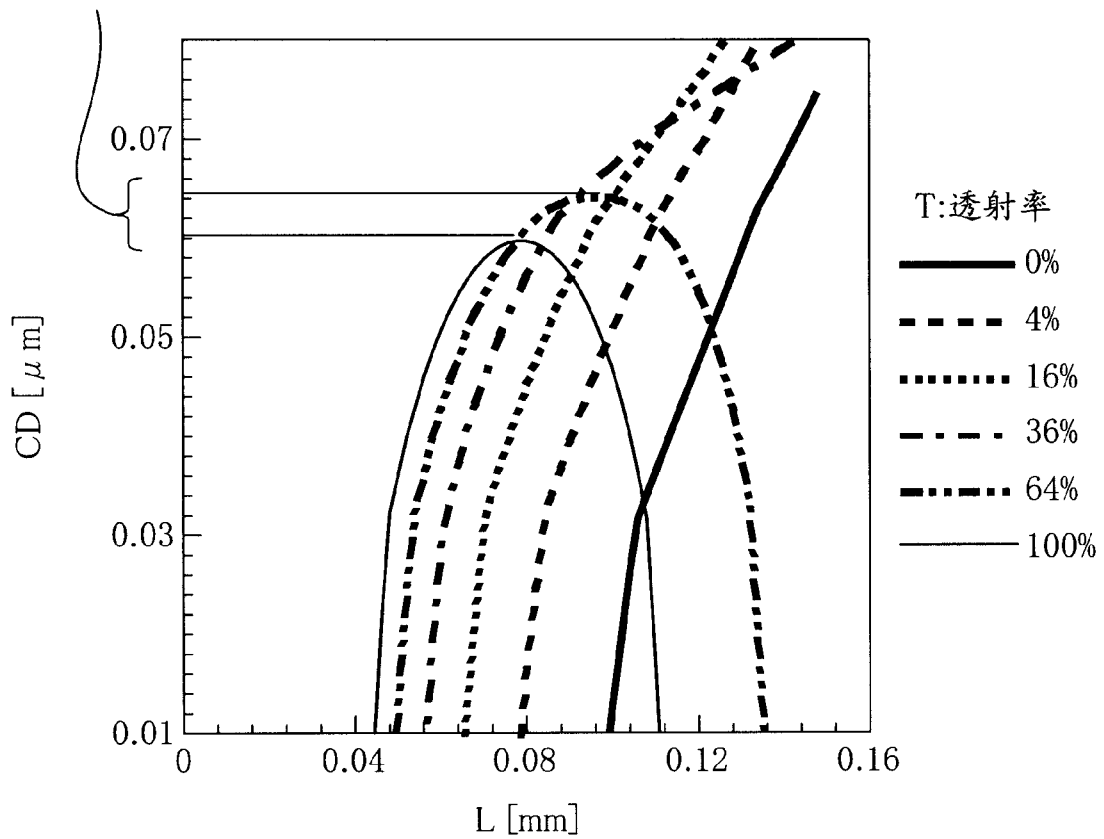
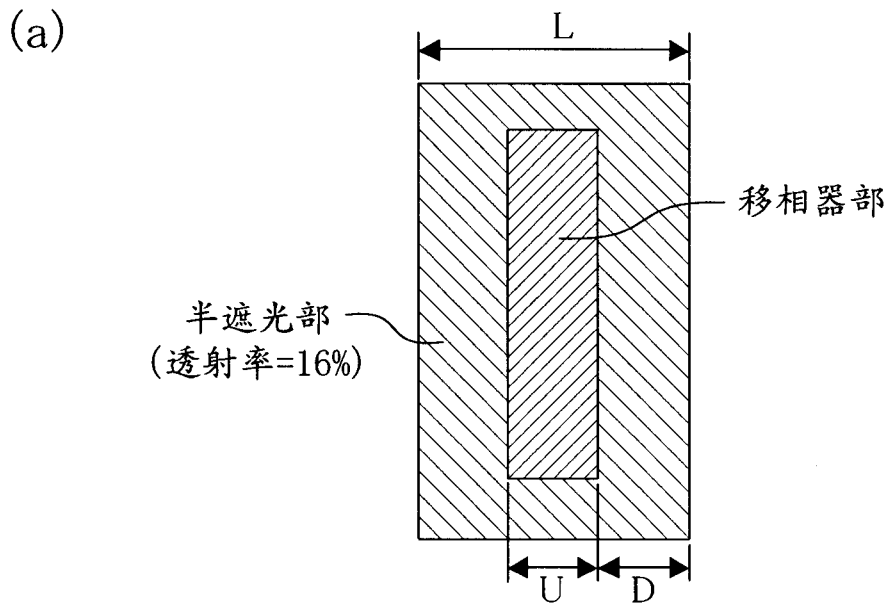


图 12





(b)

按照每图形改变U和D时  
能够实现MEF=0的区域

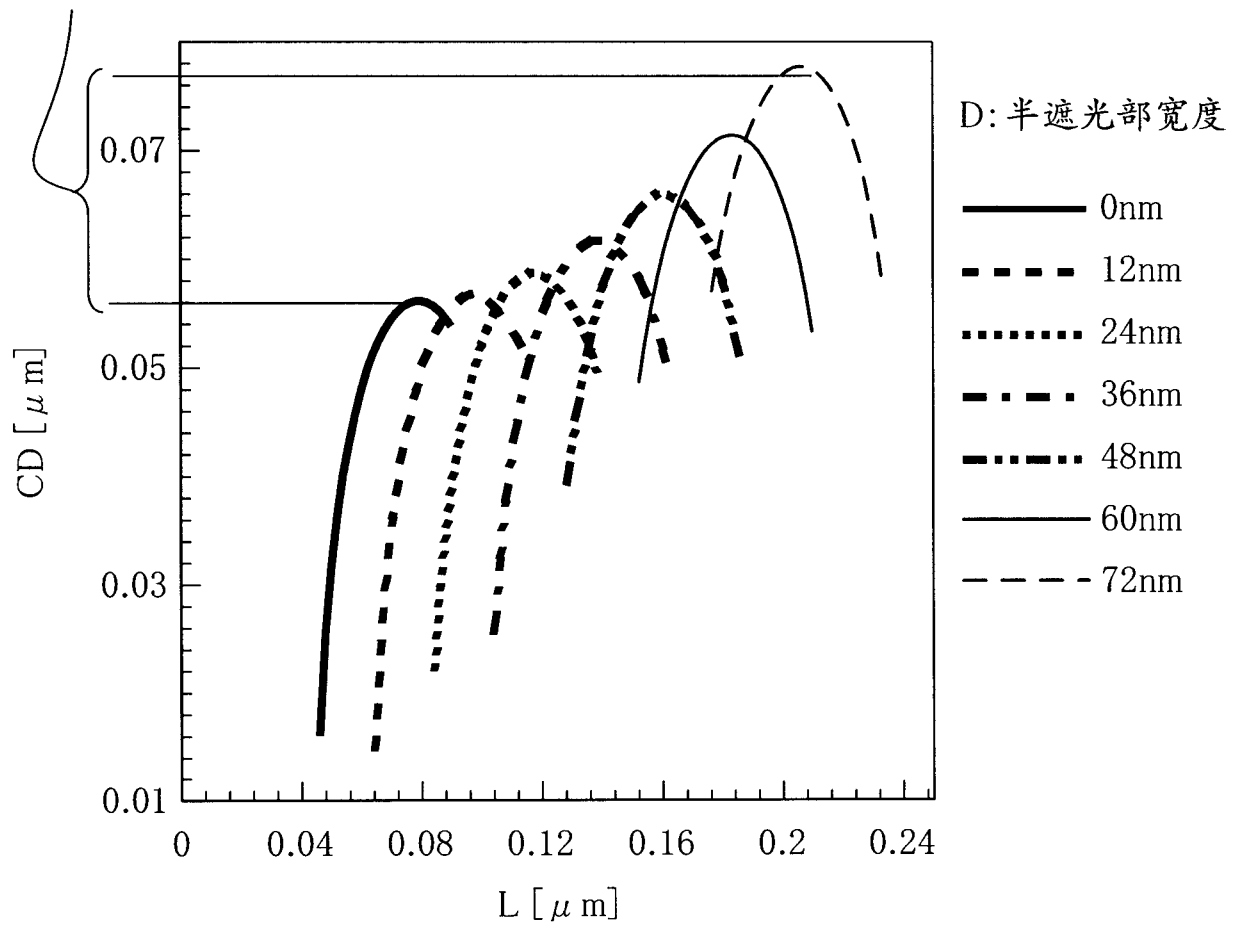


图 13

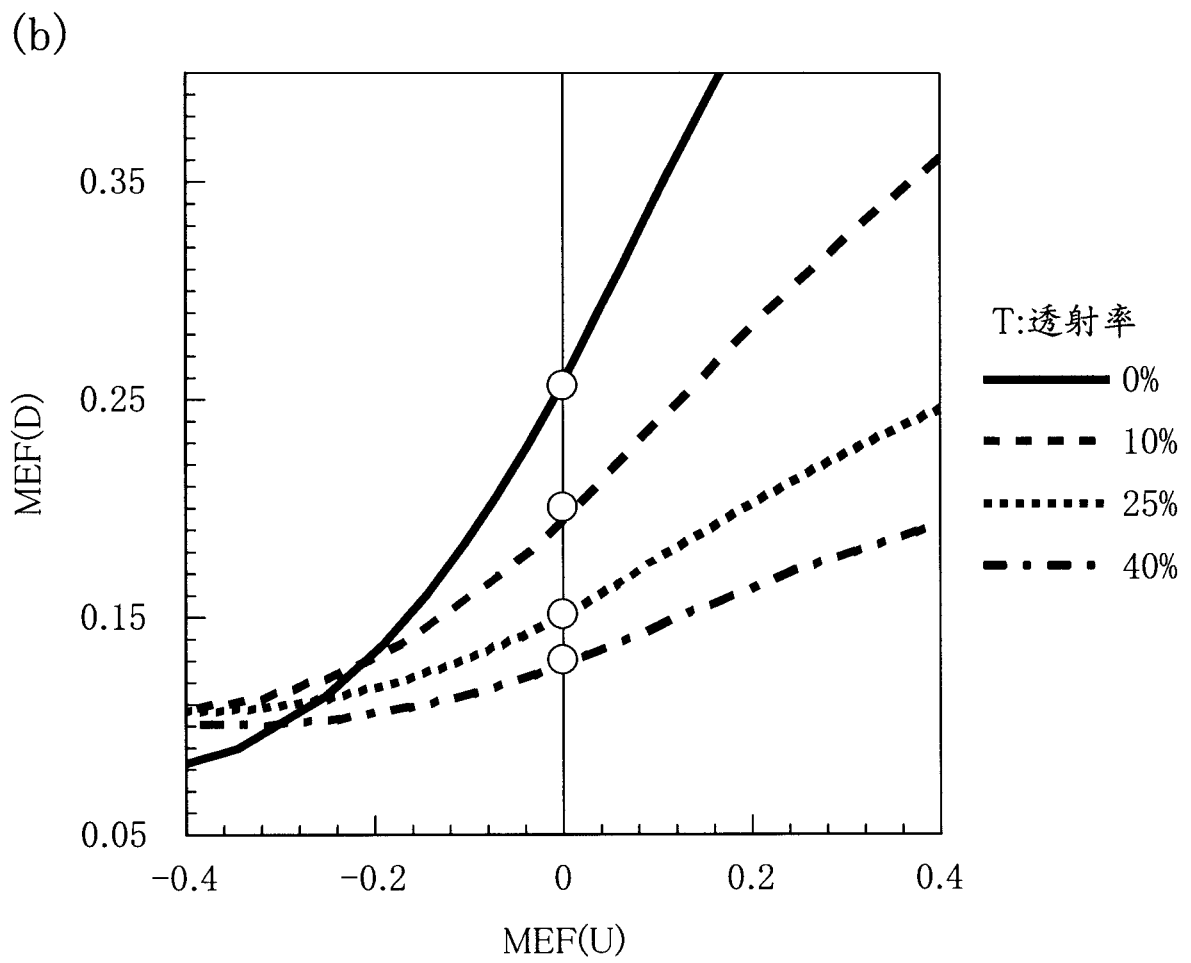
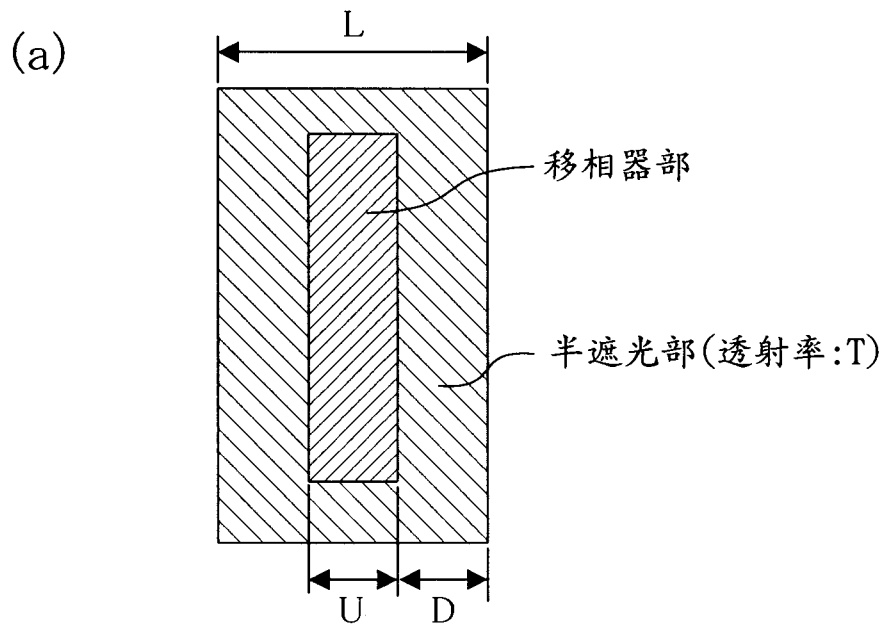


图 14

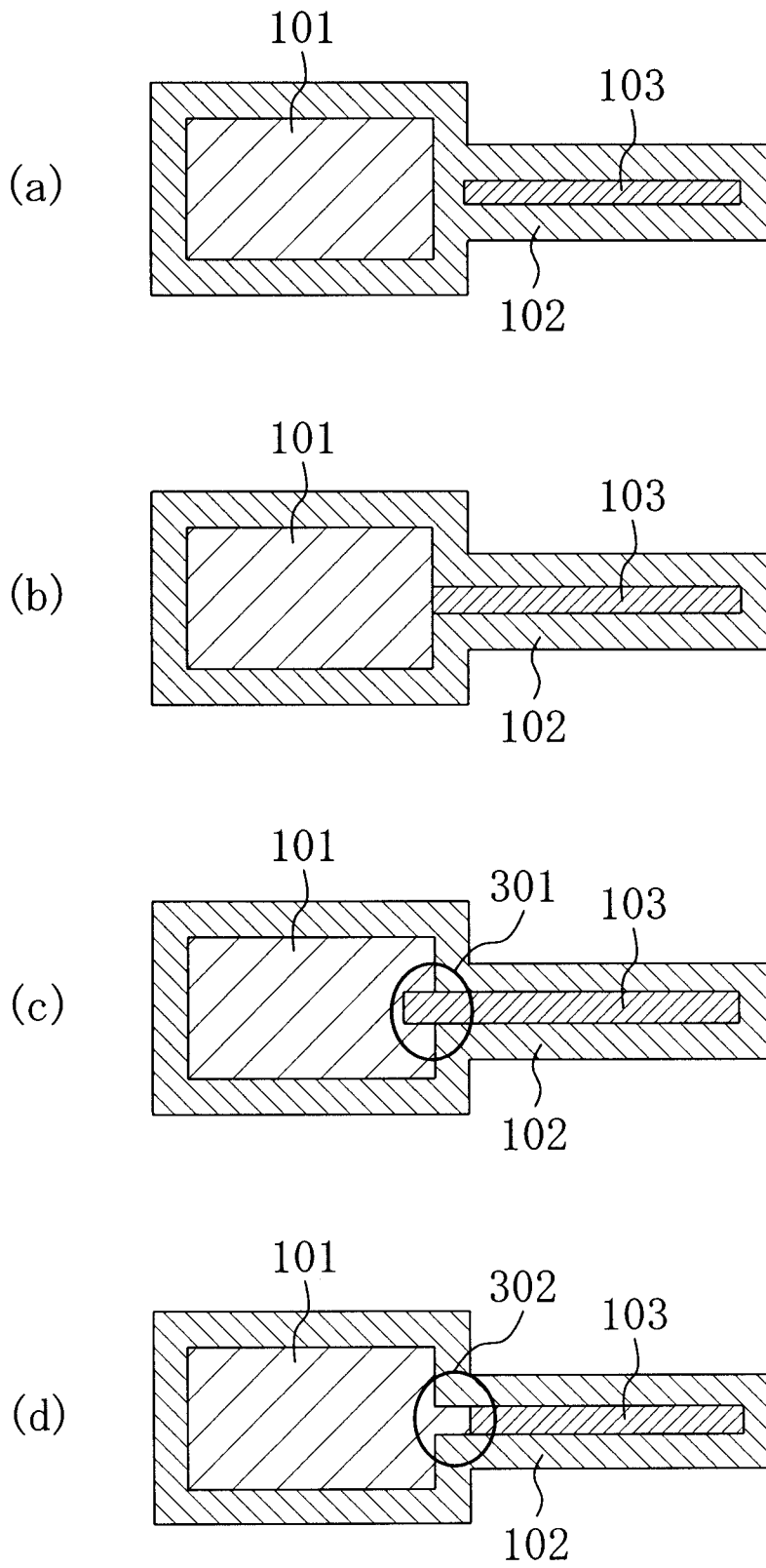


图 15

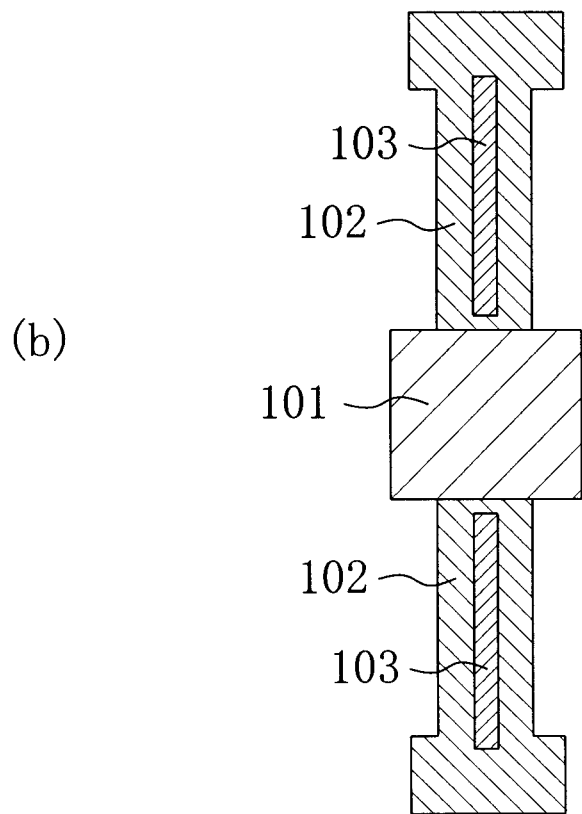
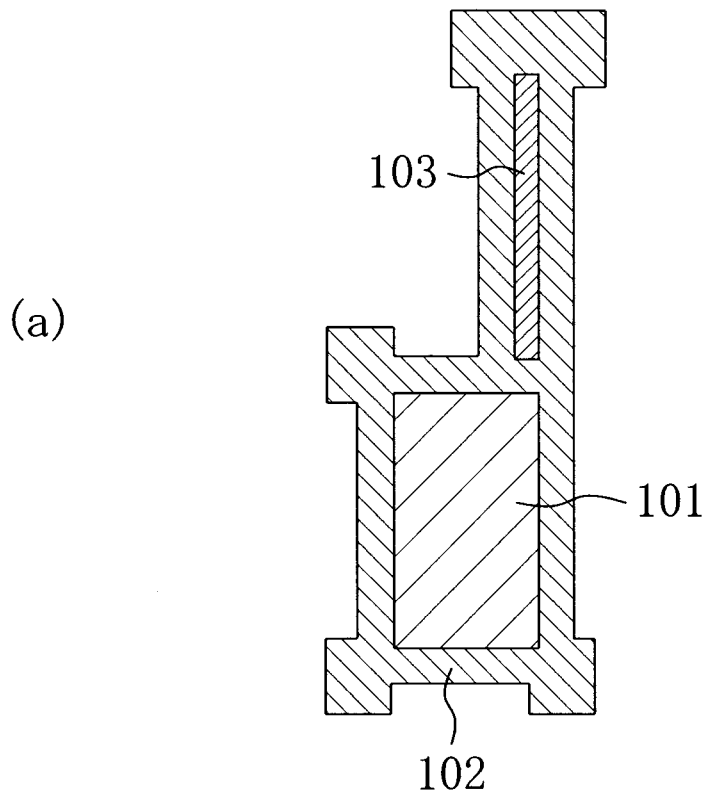


图 16

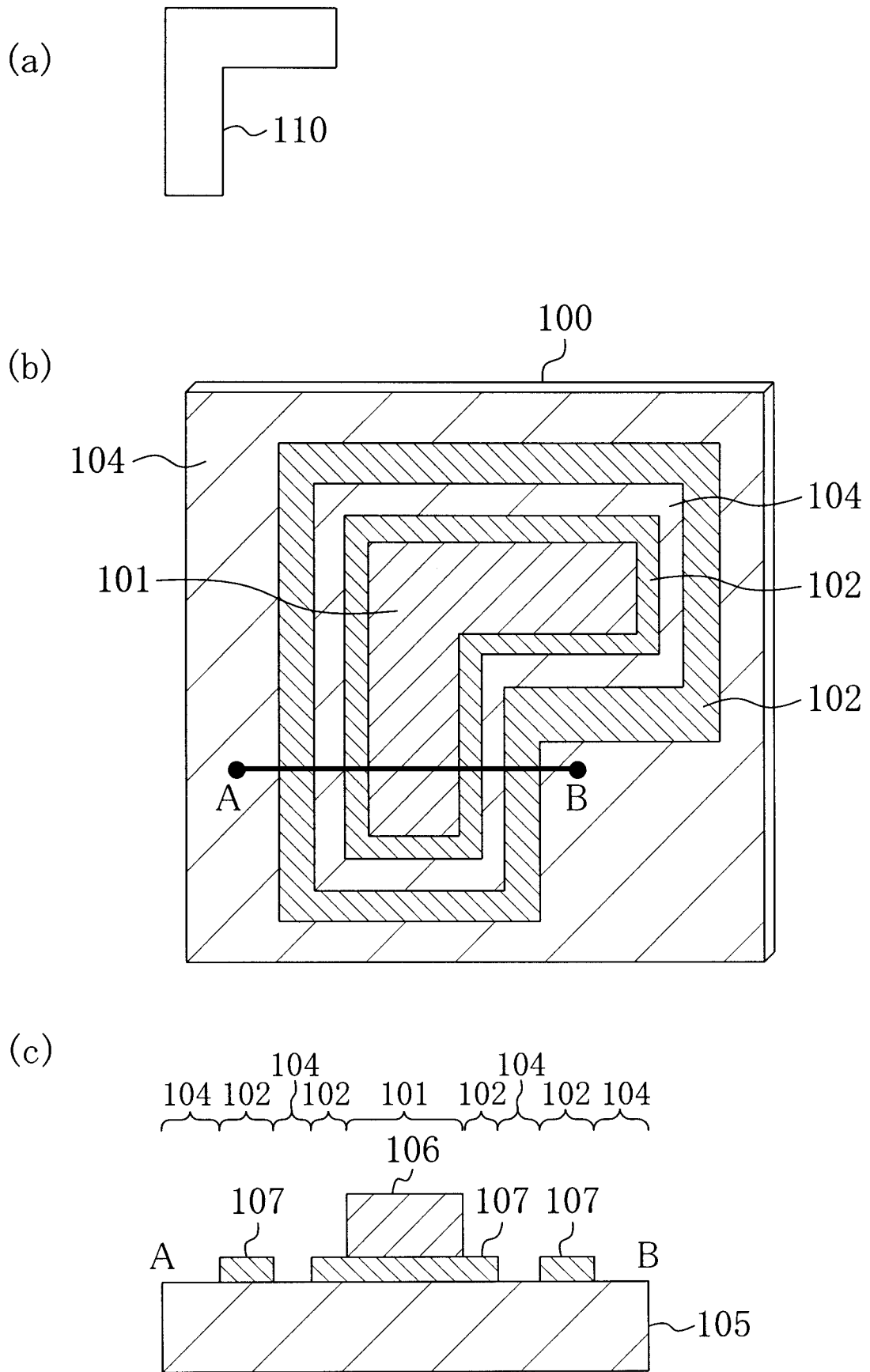


图 17

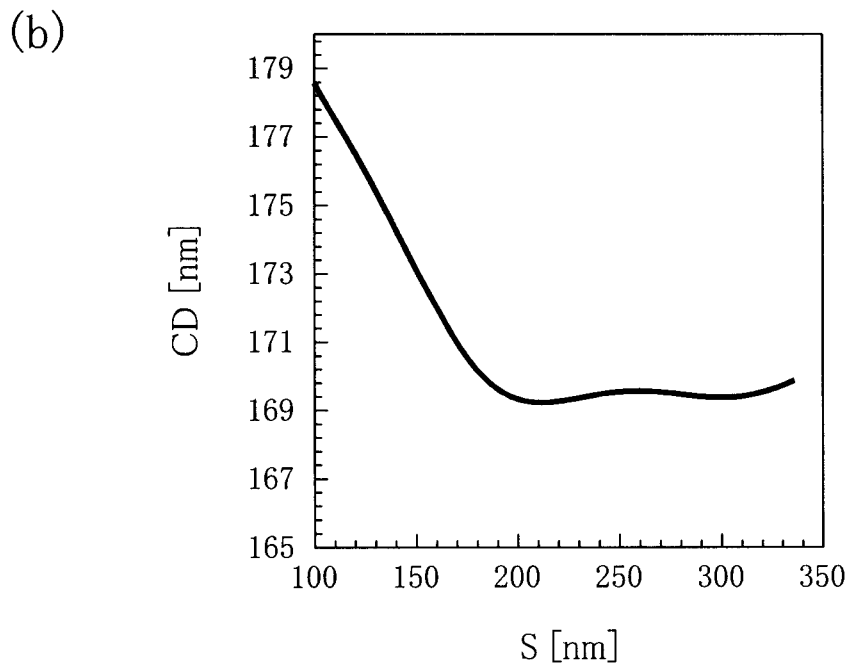
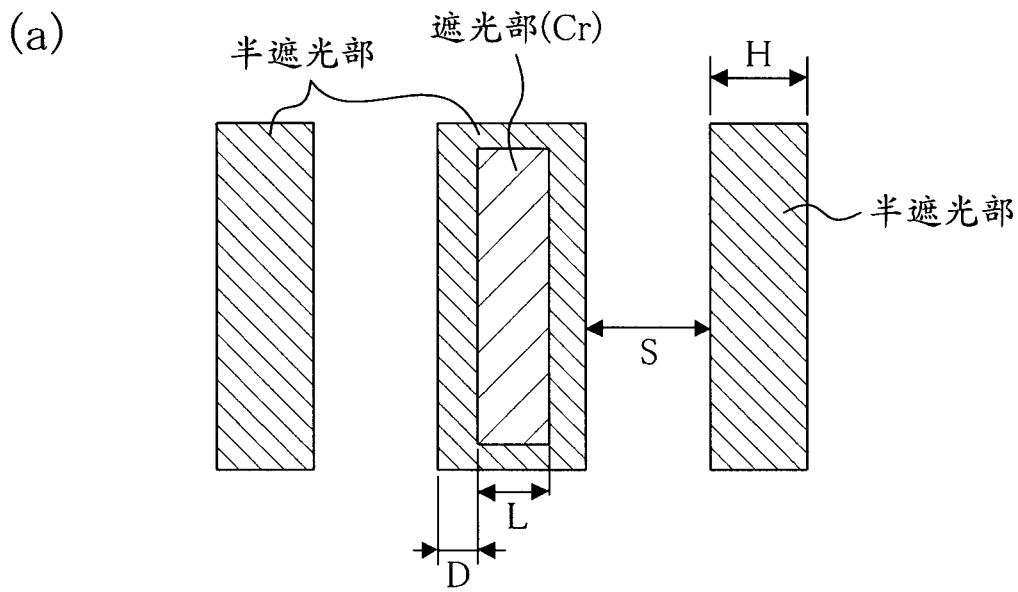


图 18

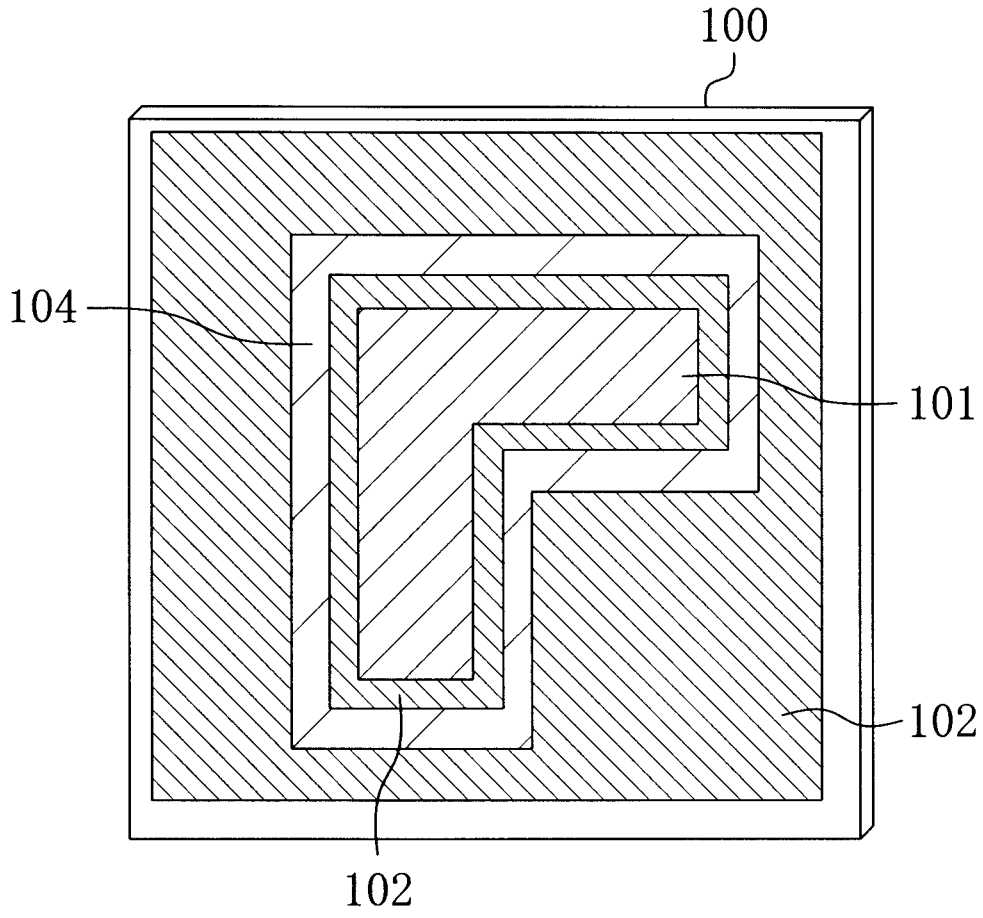


图 19

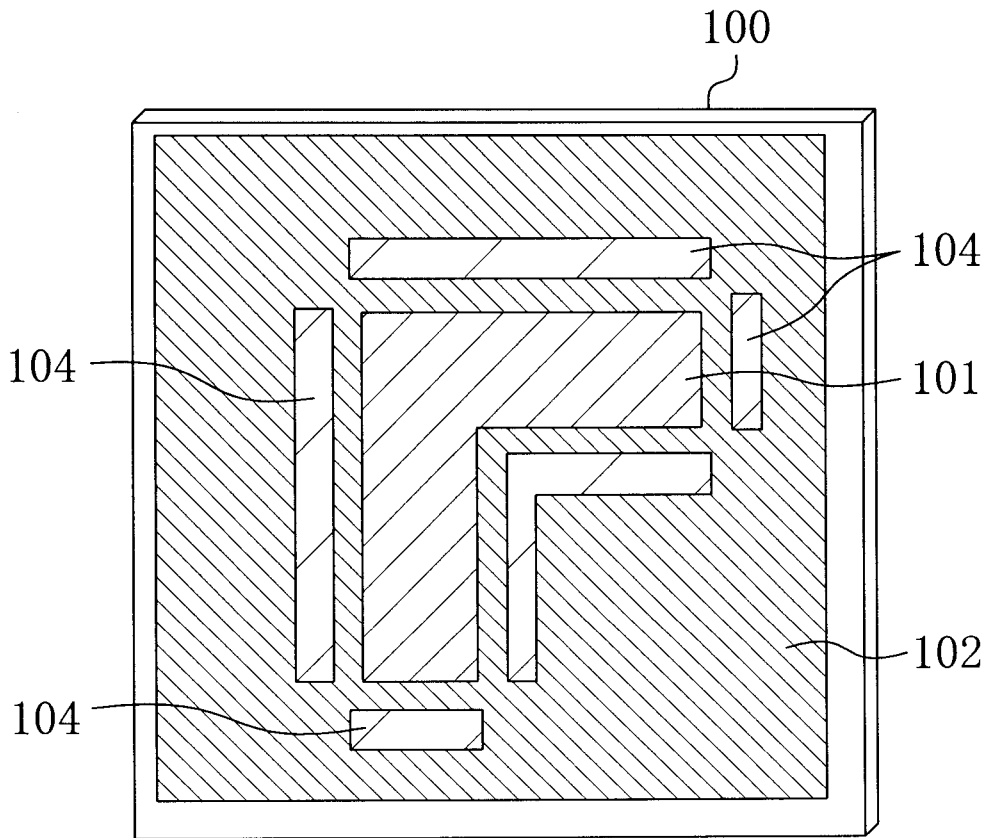


图 20

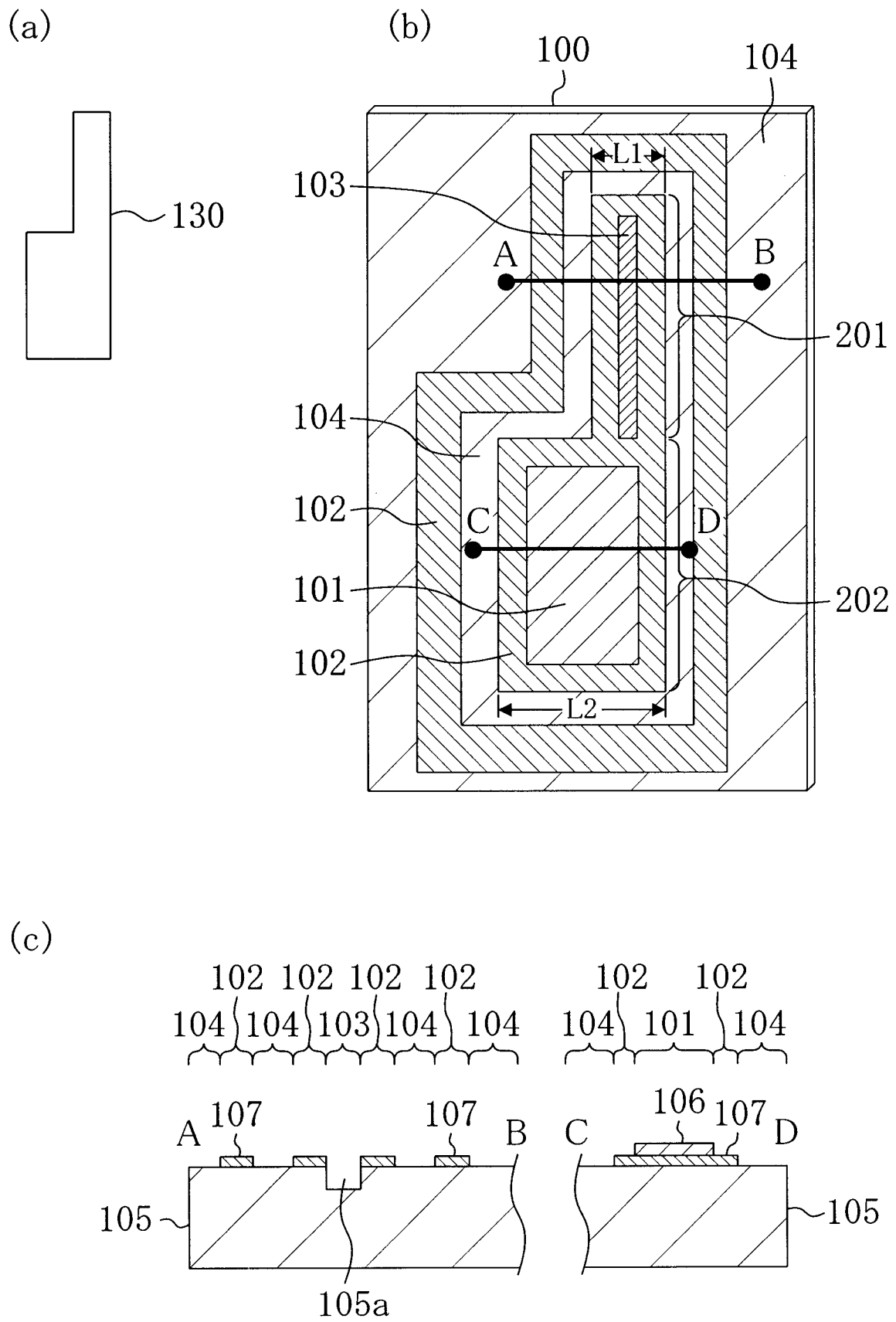


图 21



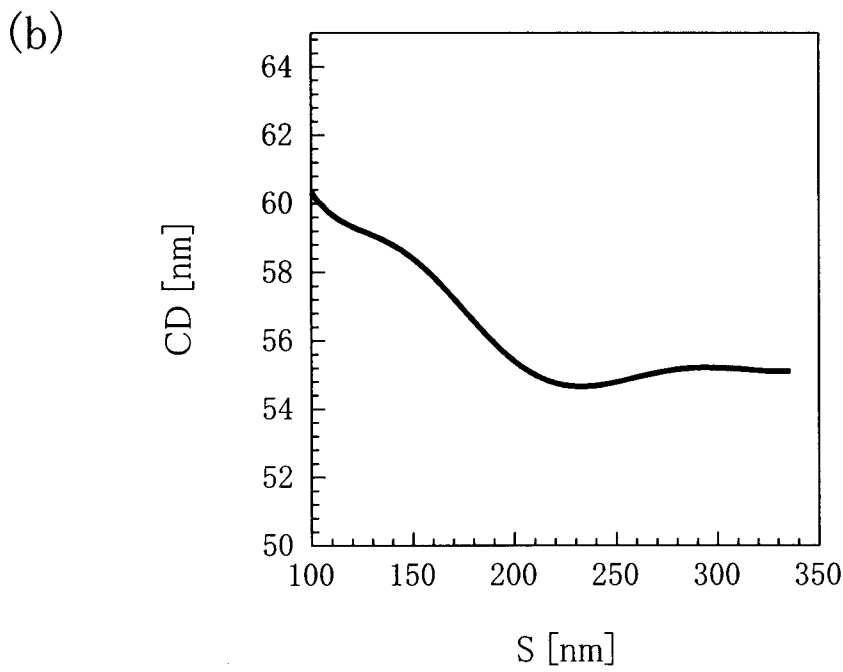
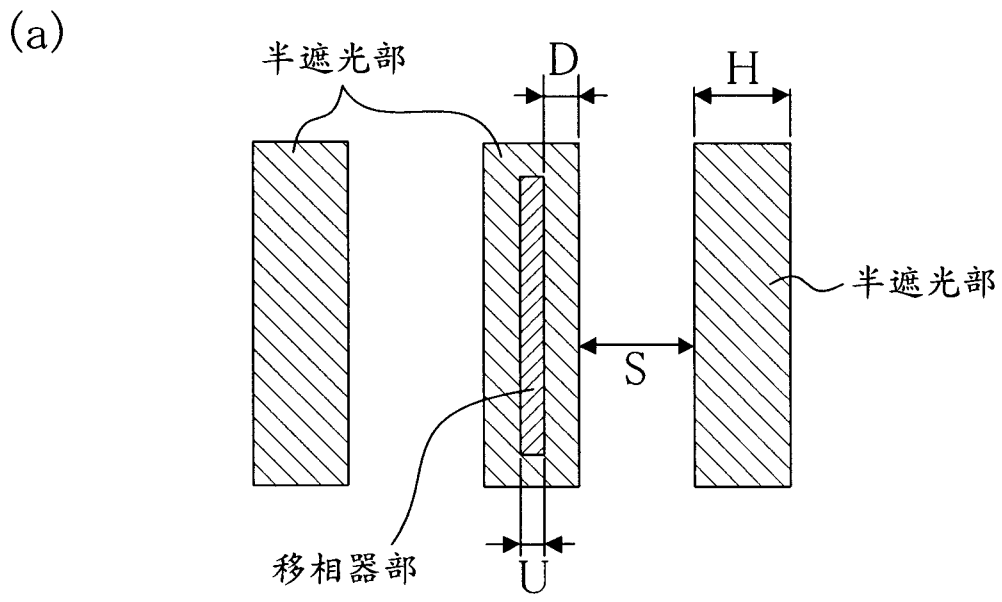


图 22

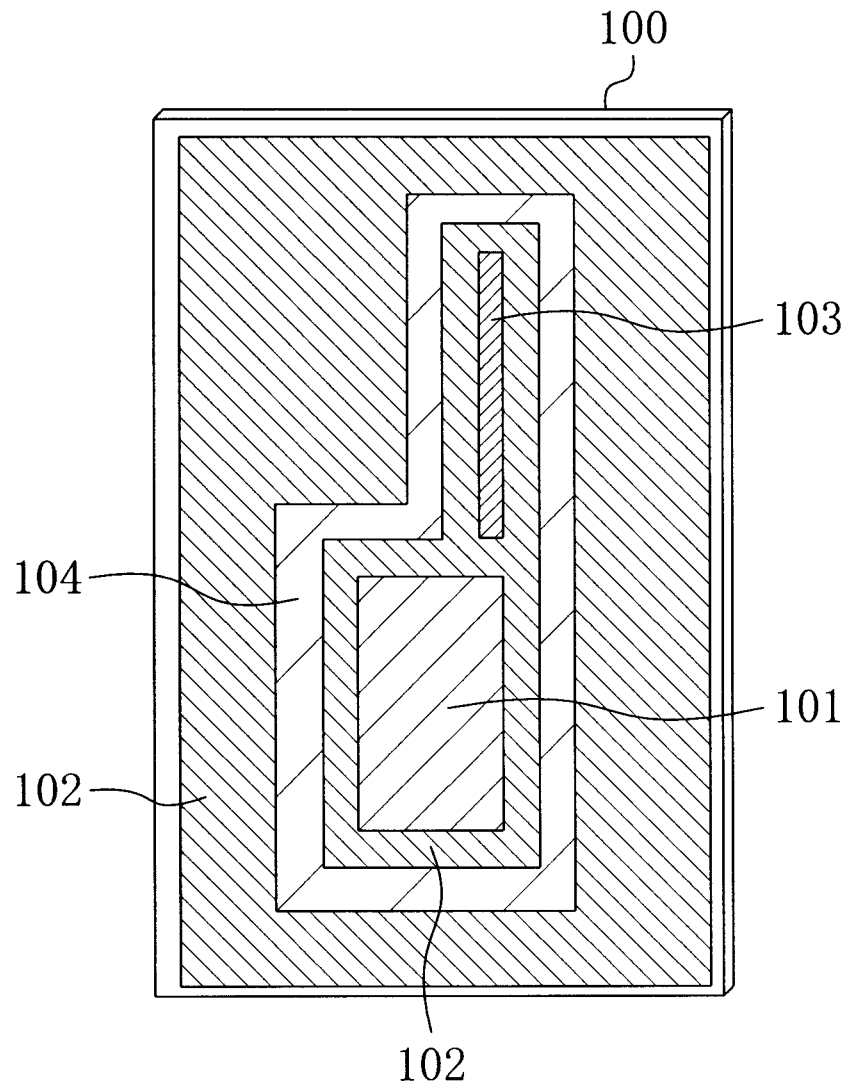


图 23

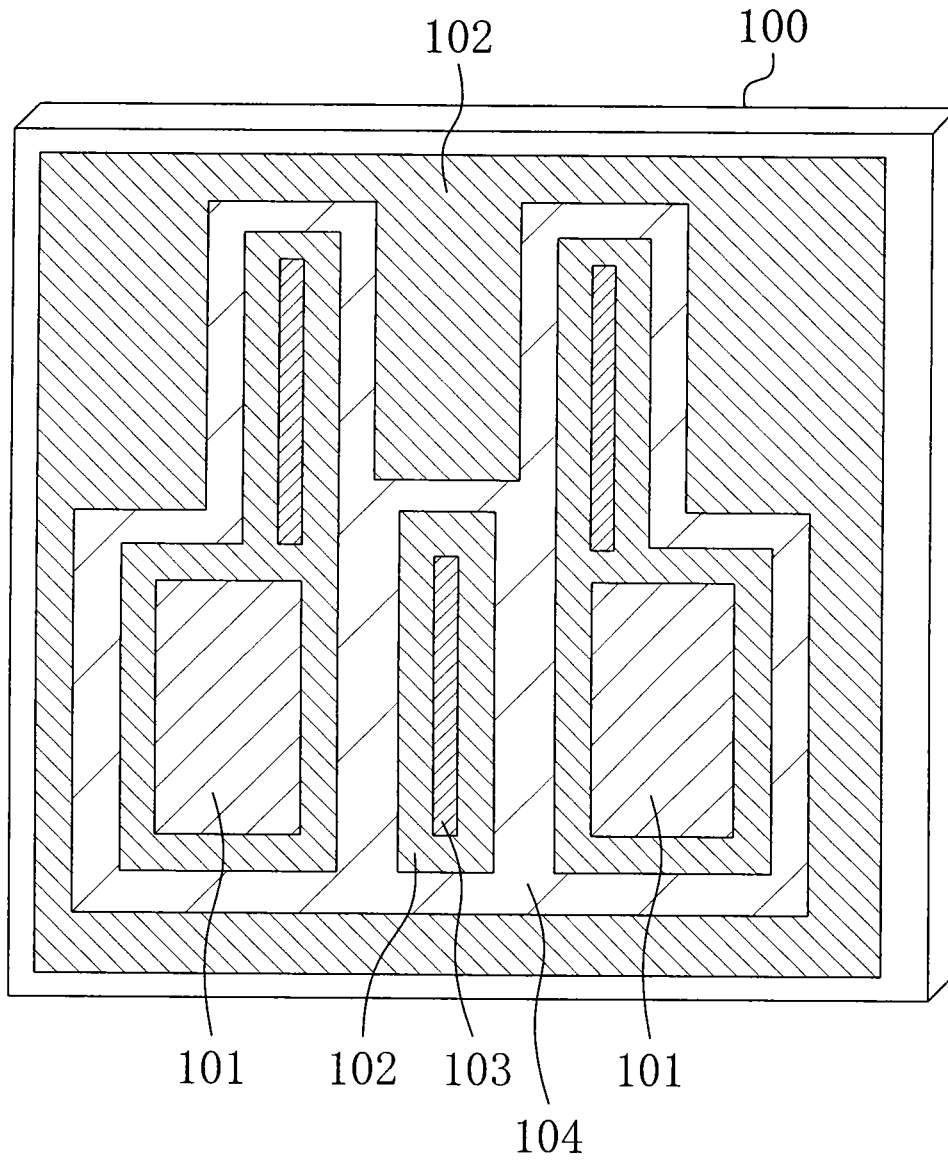


图 24

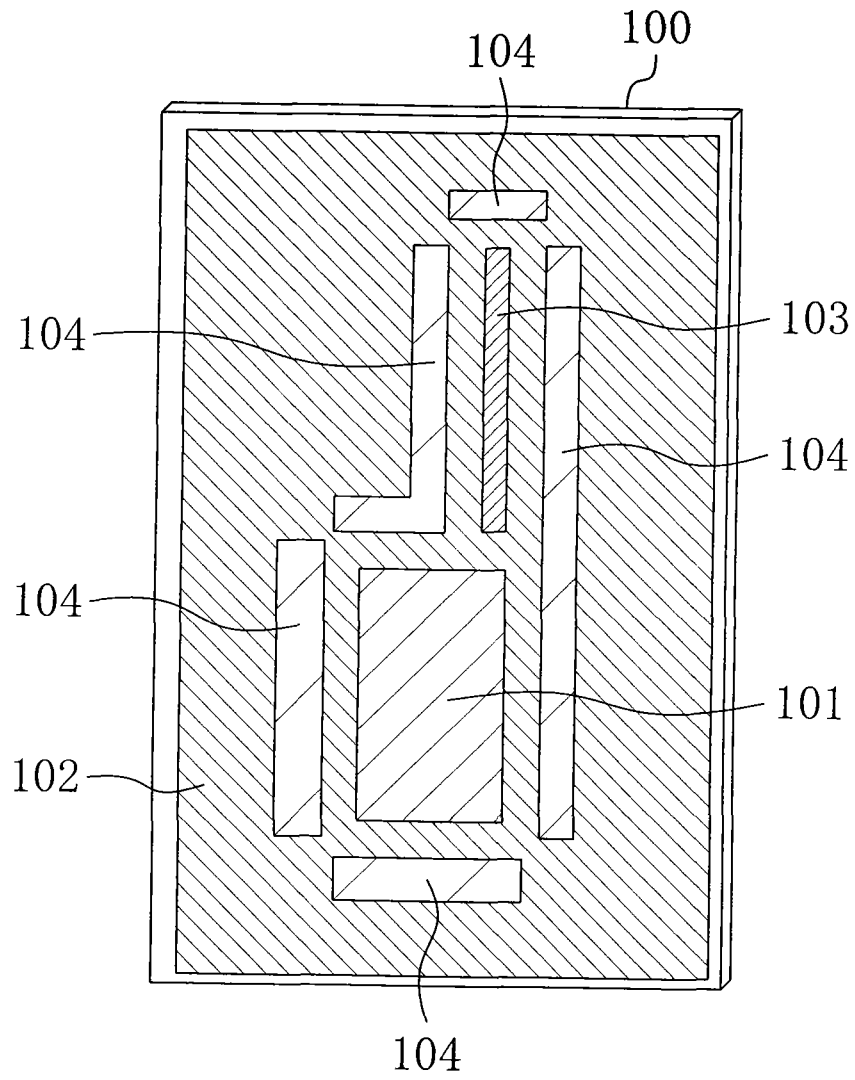


图 25

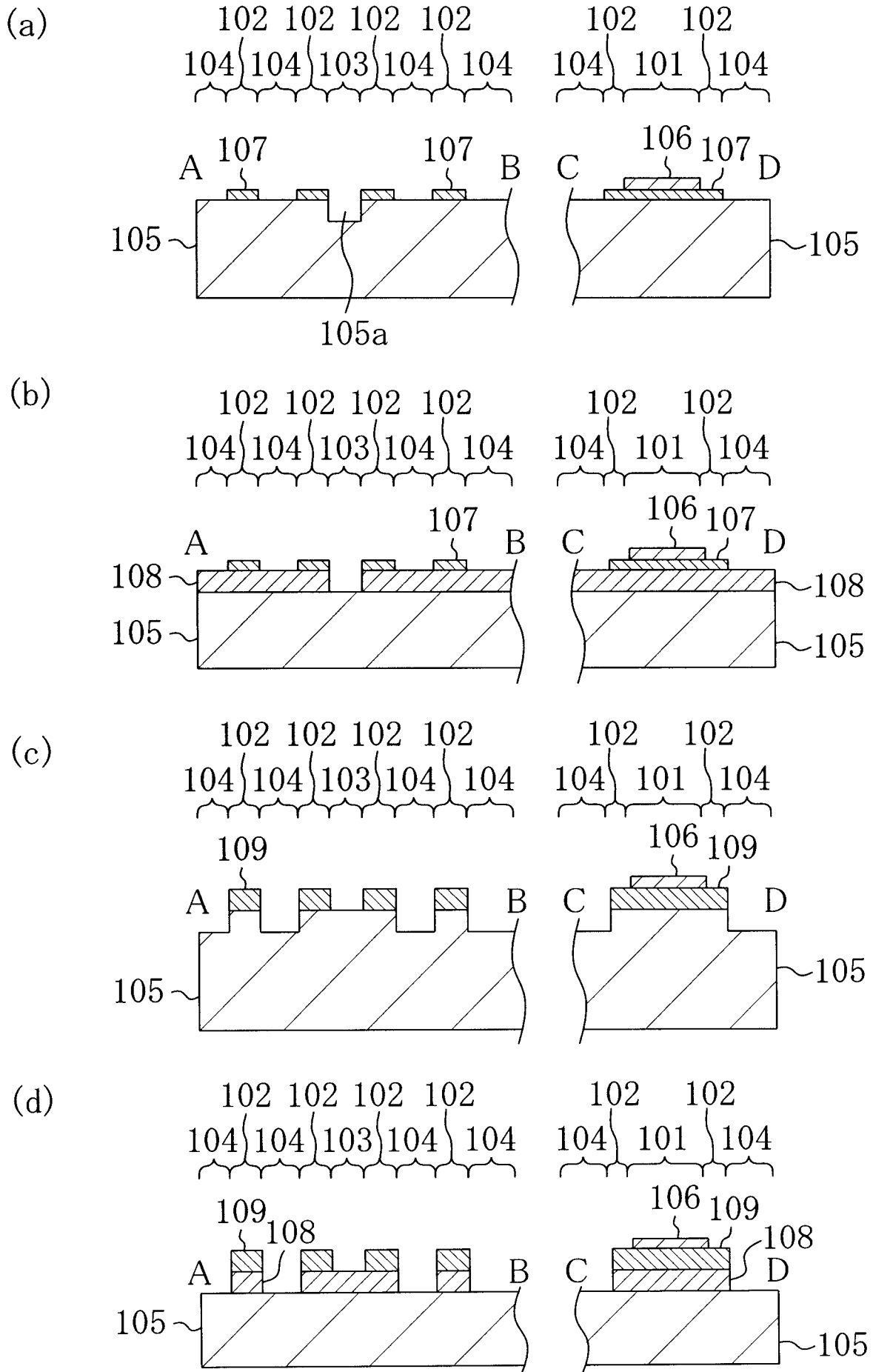


图 26

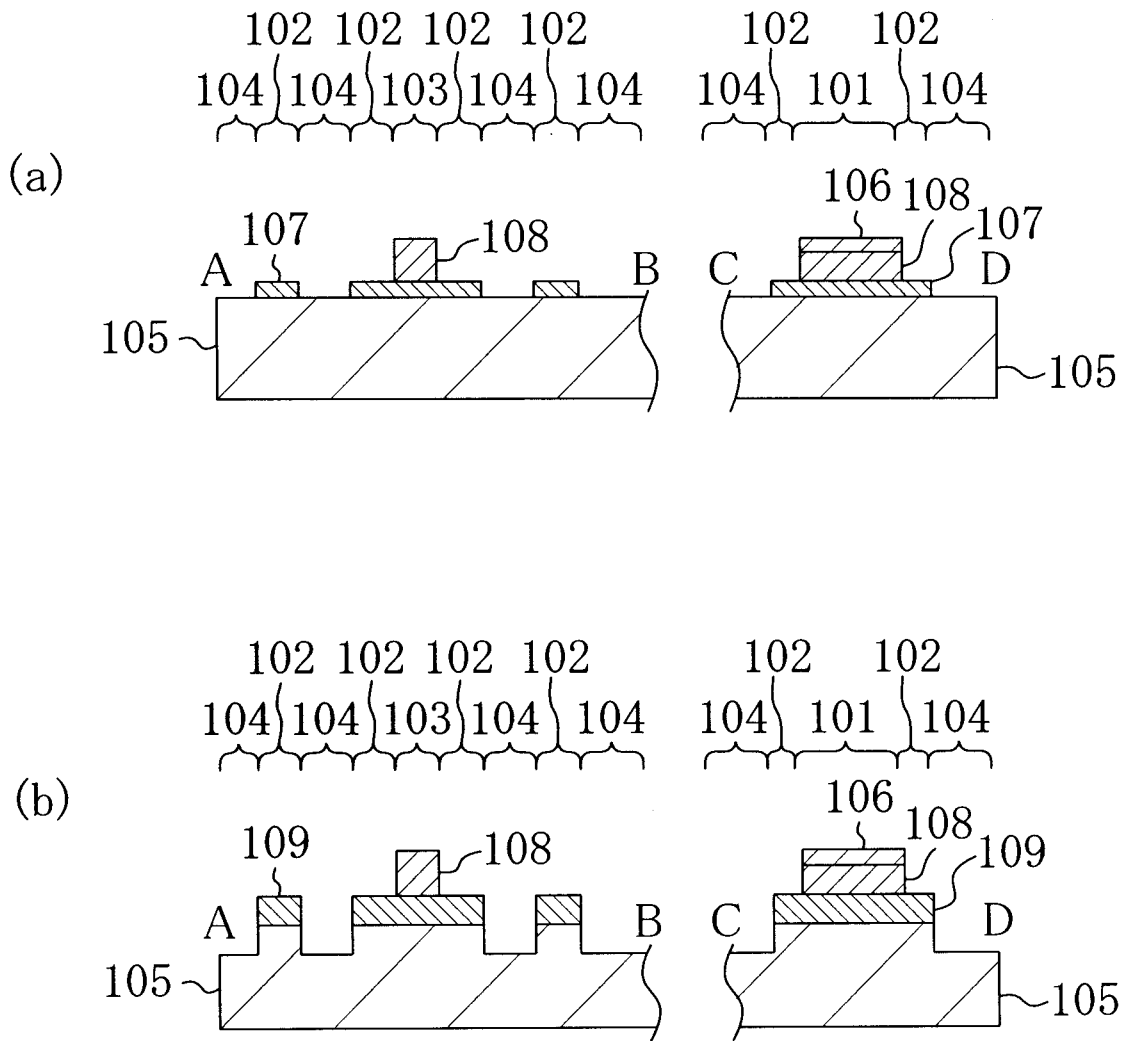


图 27

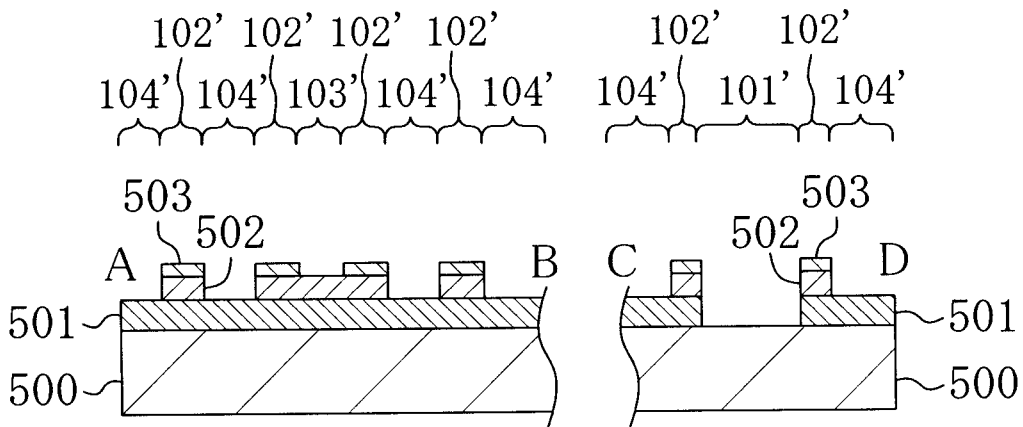


图 28

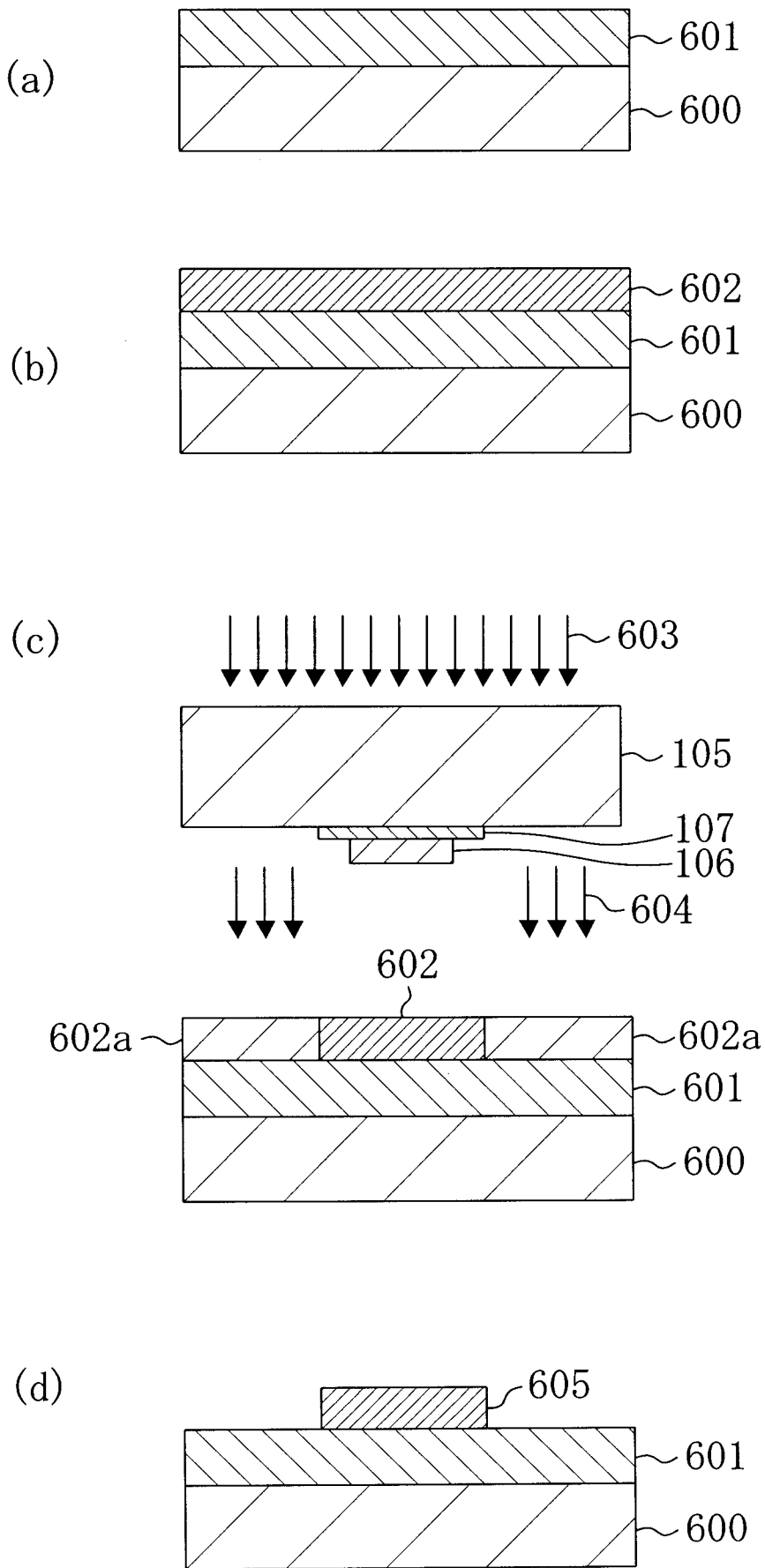
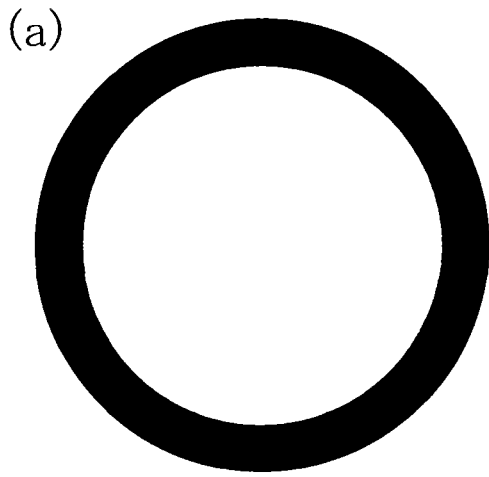
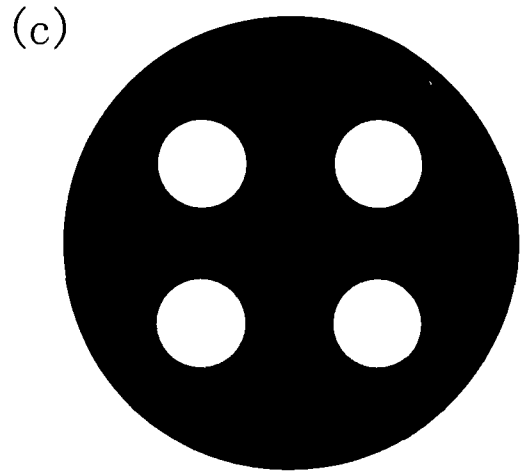


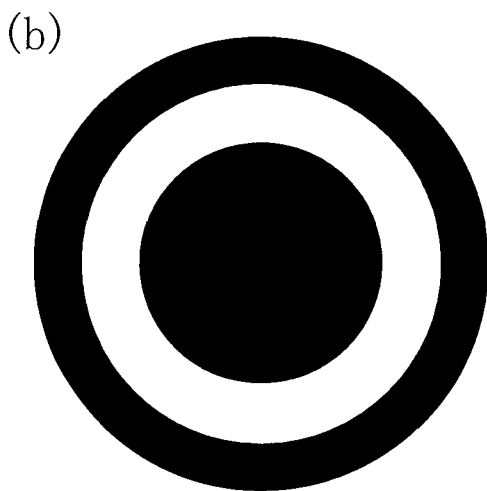
图 29



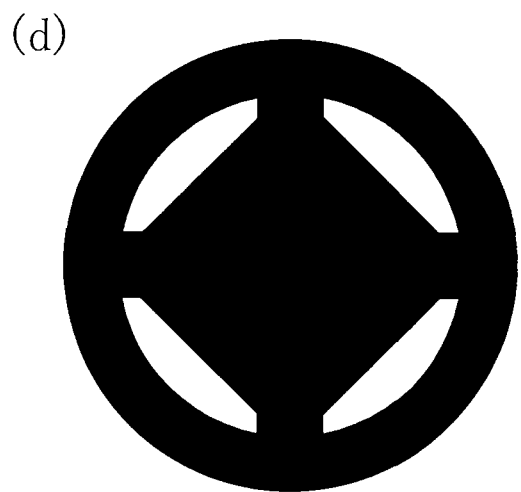
[普通曝光光源]



[四极曝光光源]



[环状曝光光源]



[四极曝光光源]

图 30



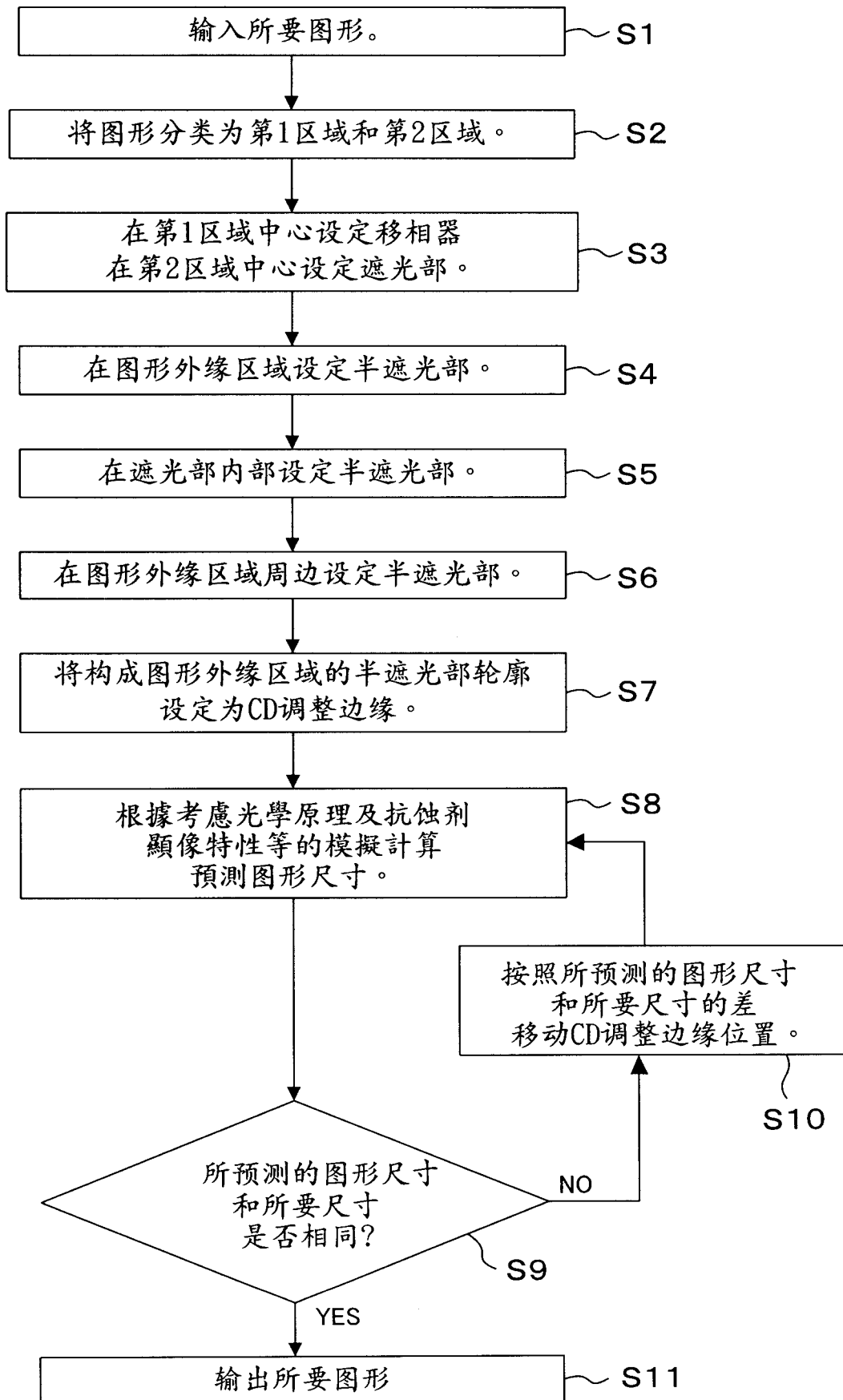


图 31

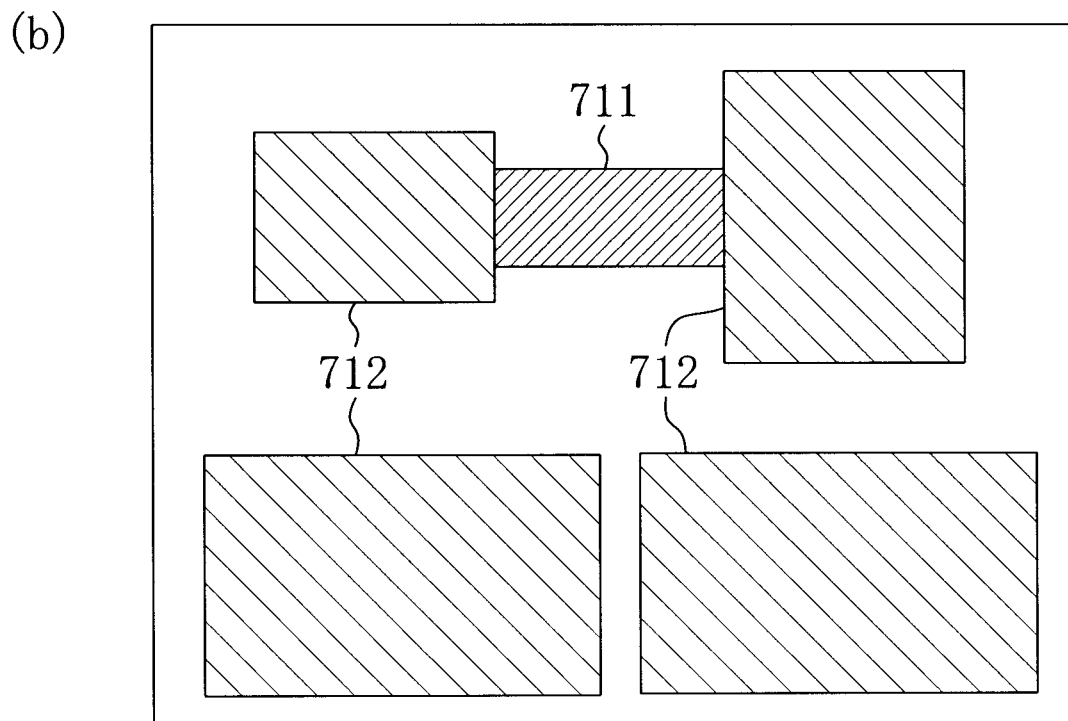
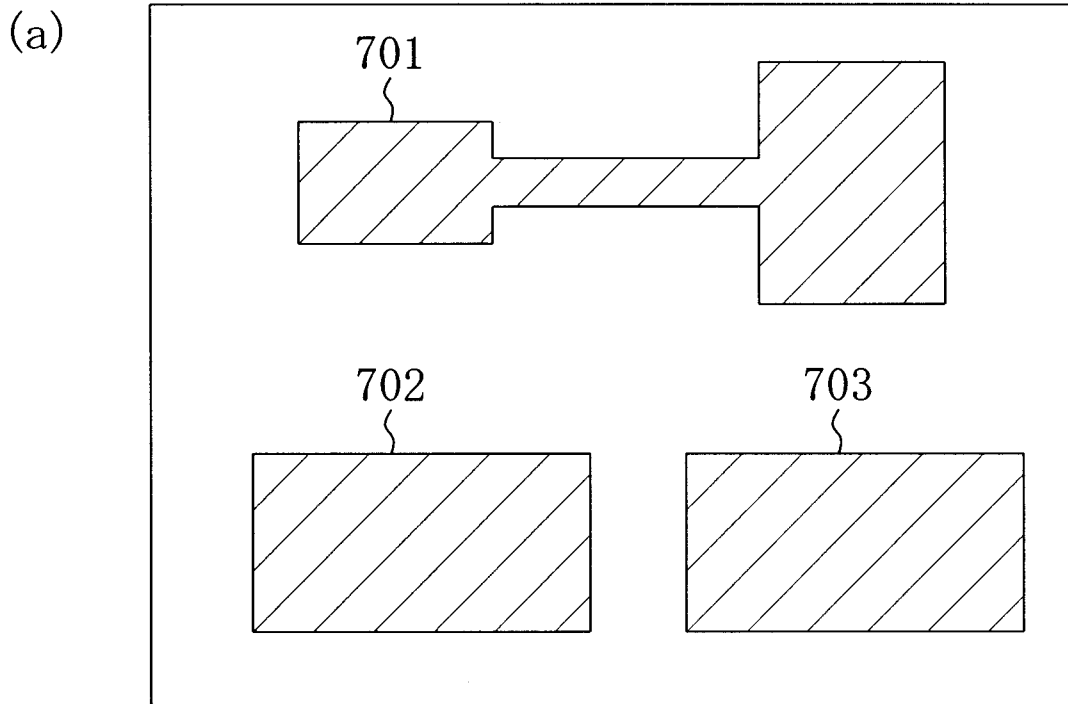
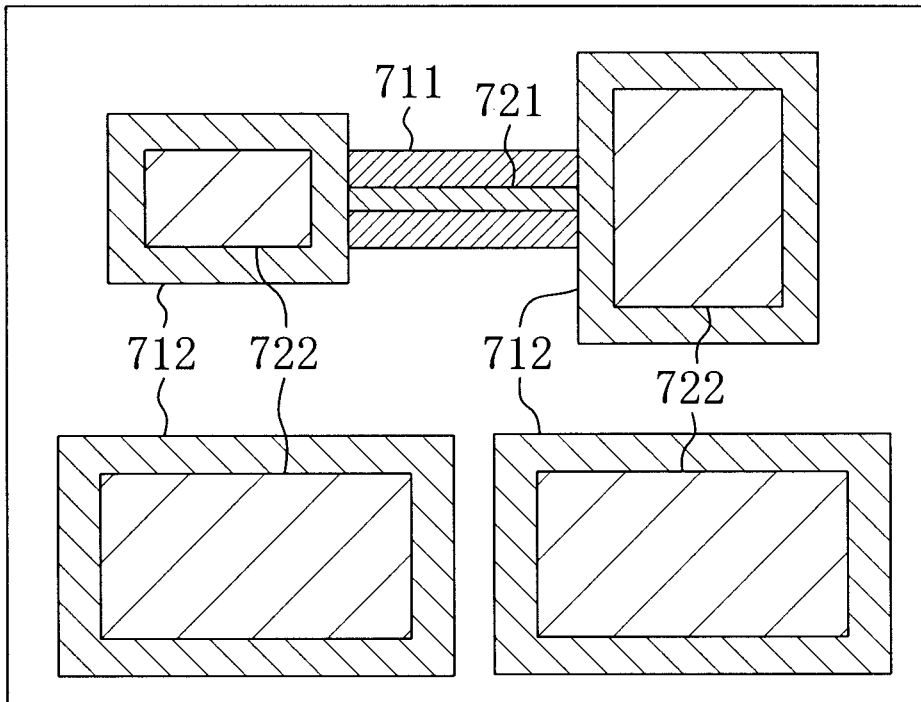


图 32

(a)



(b)

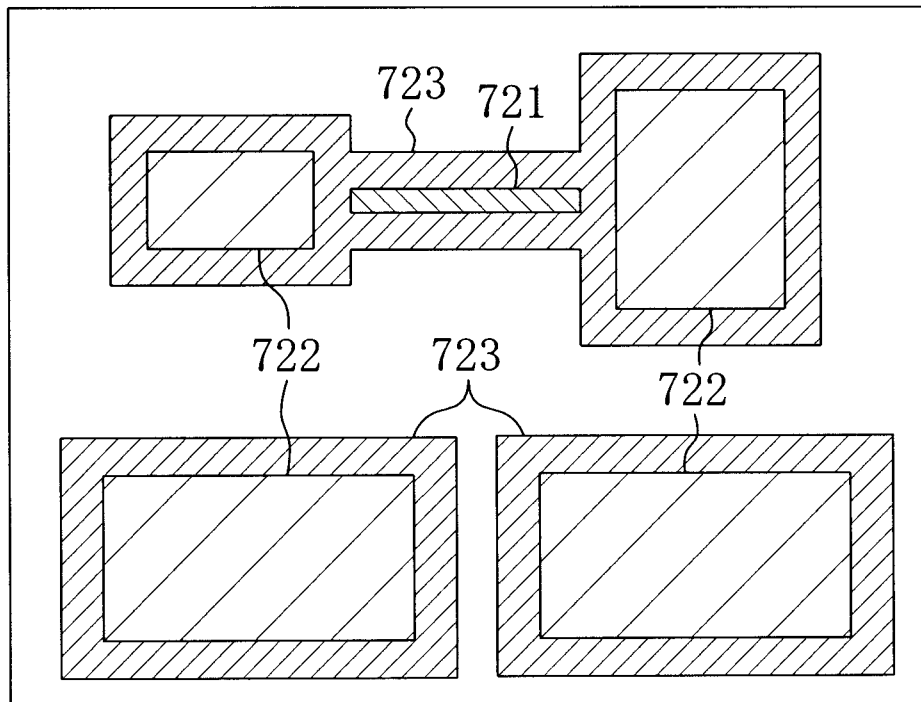


图 33

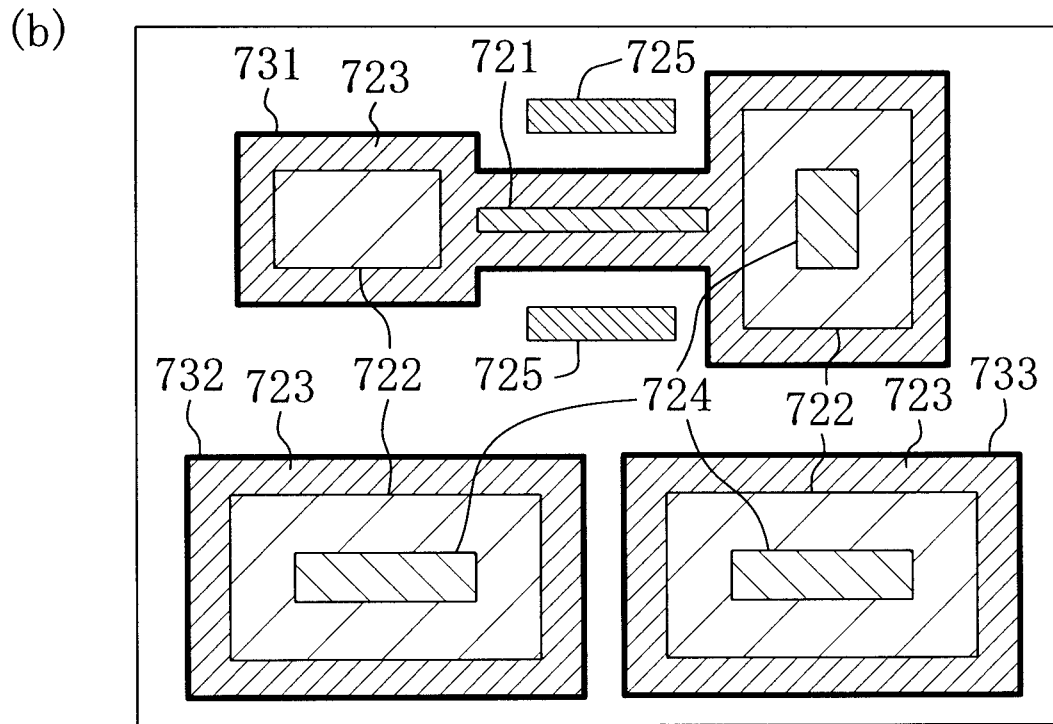
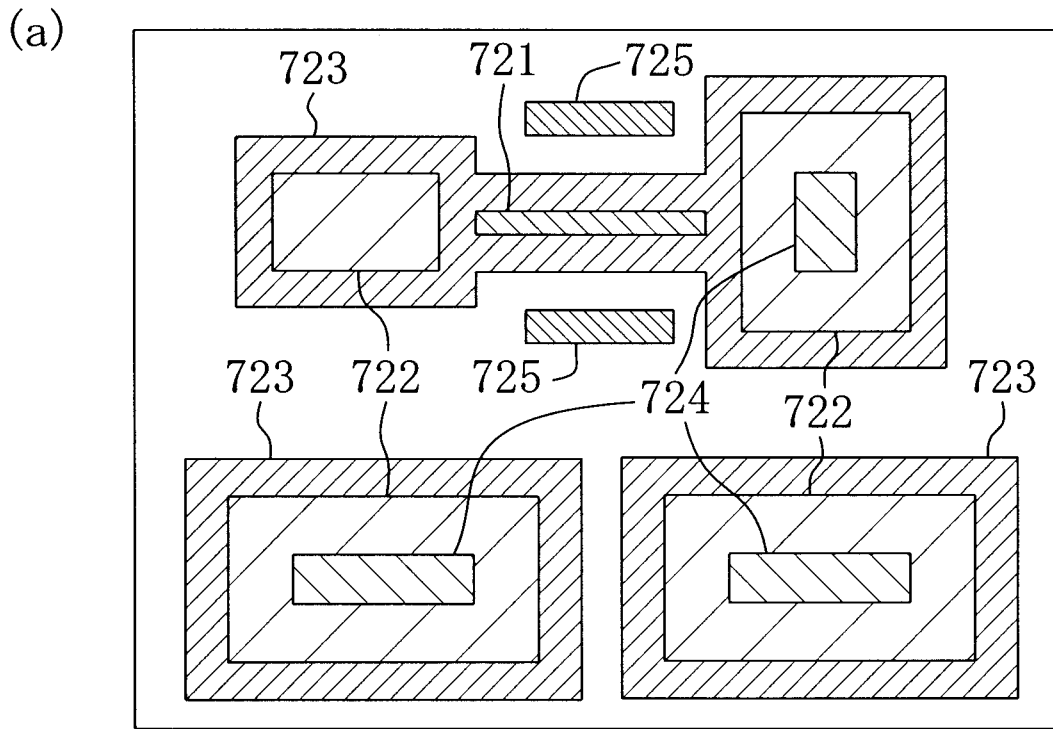


图 34

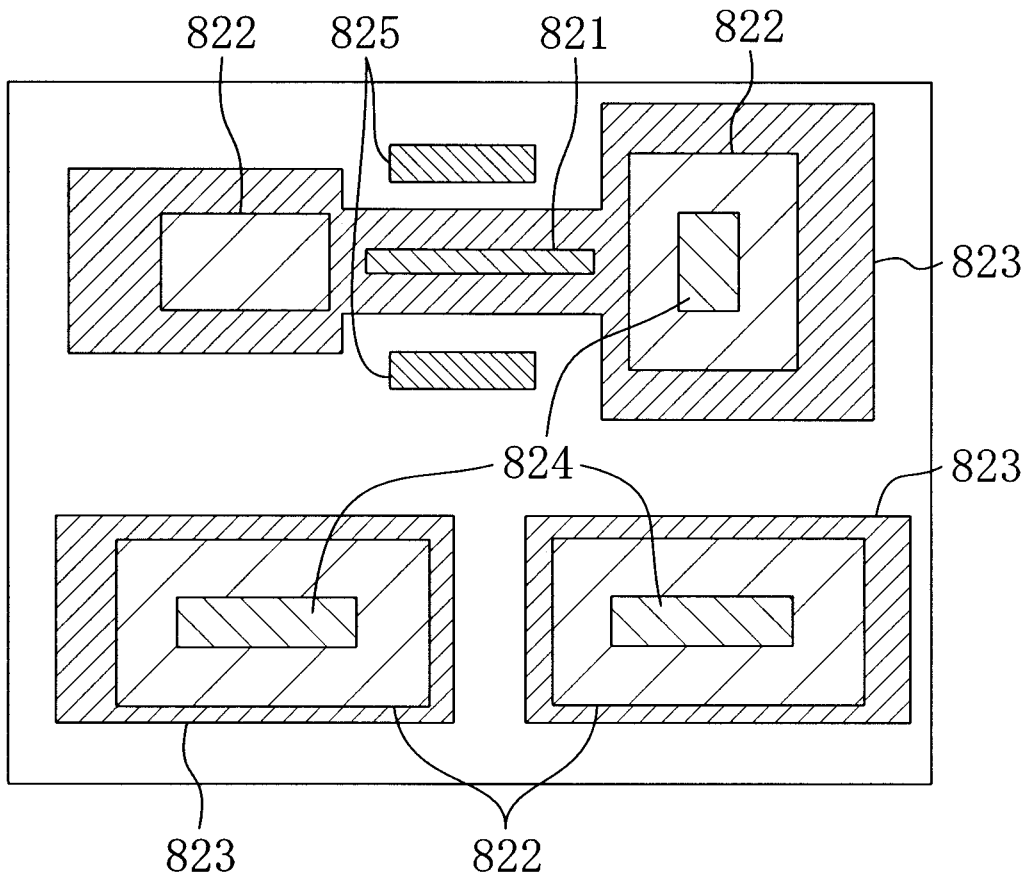


图 35

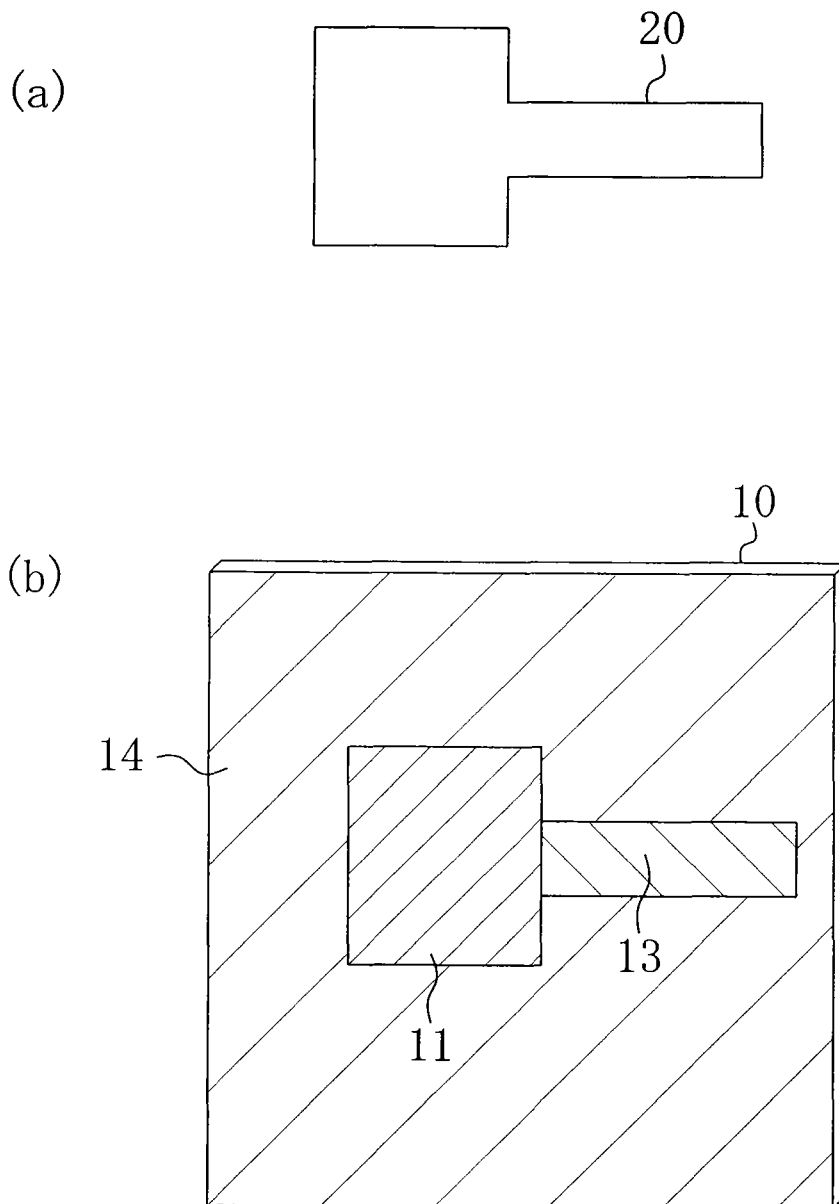


图 36

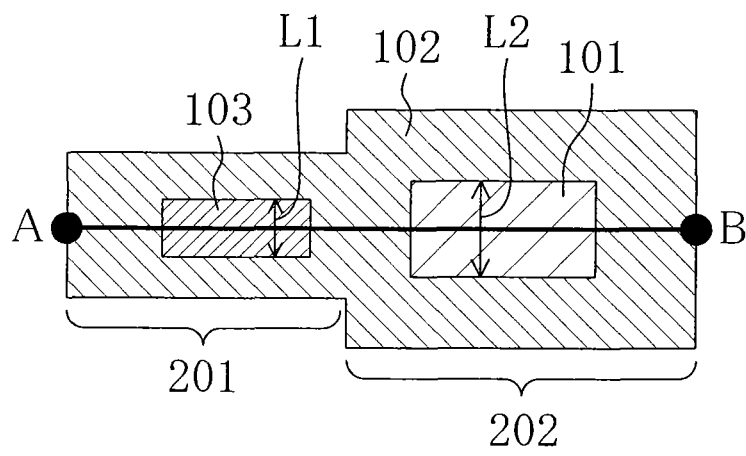


图 37

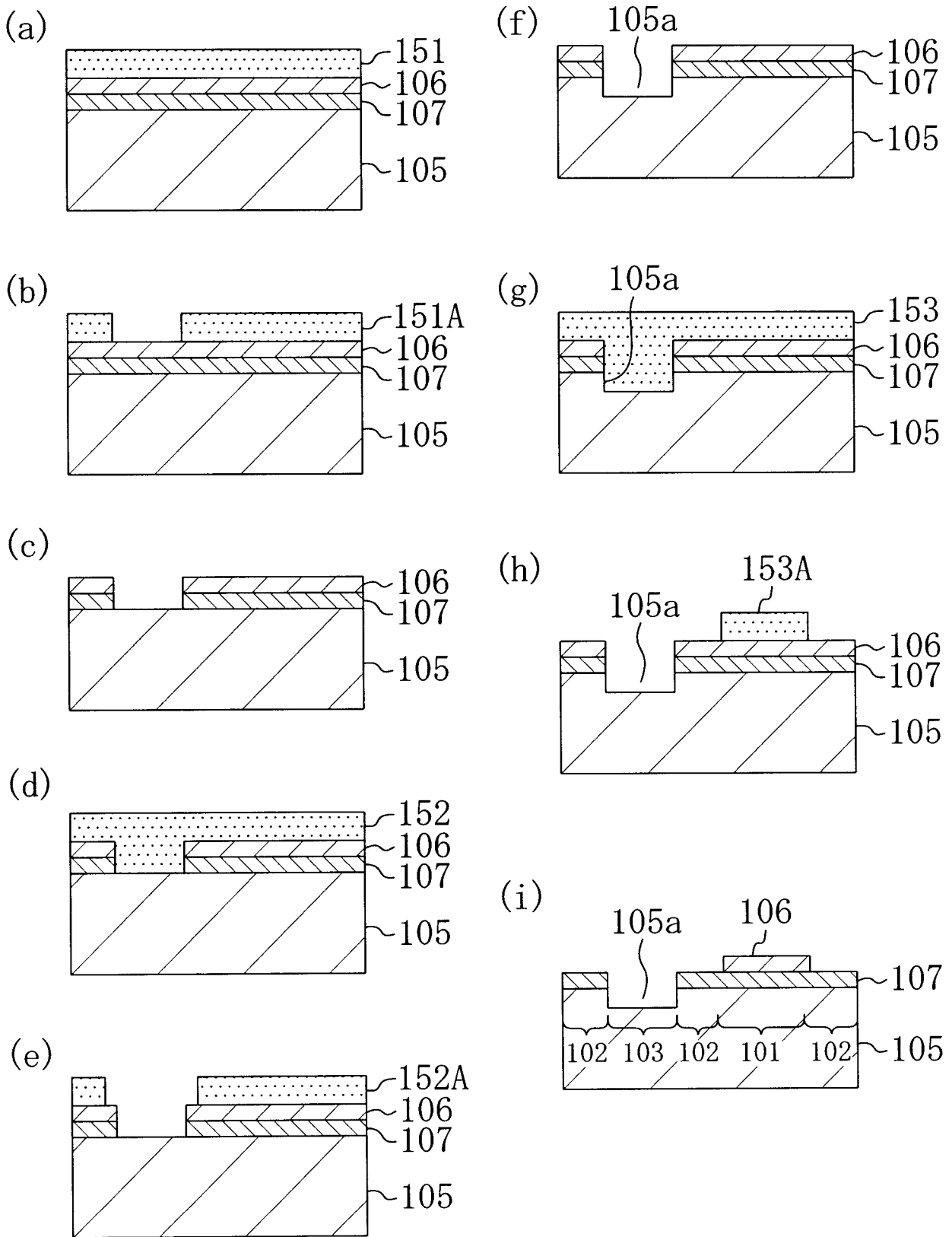


图 38



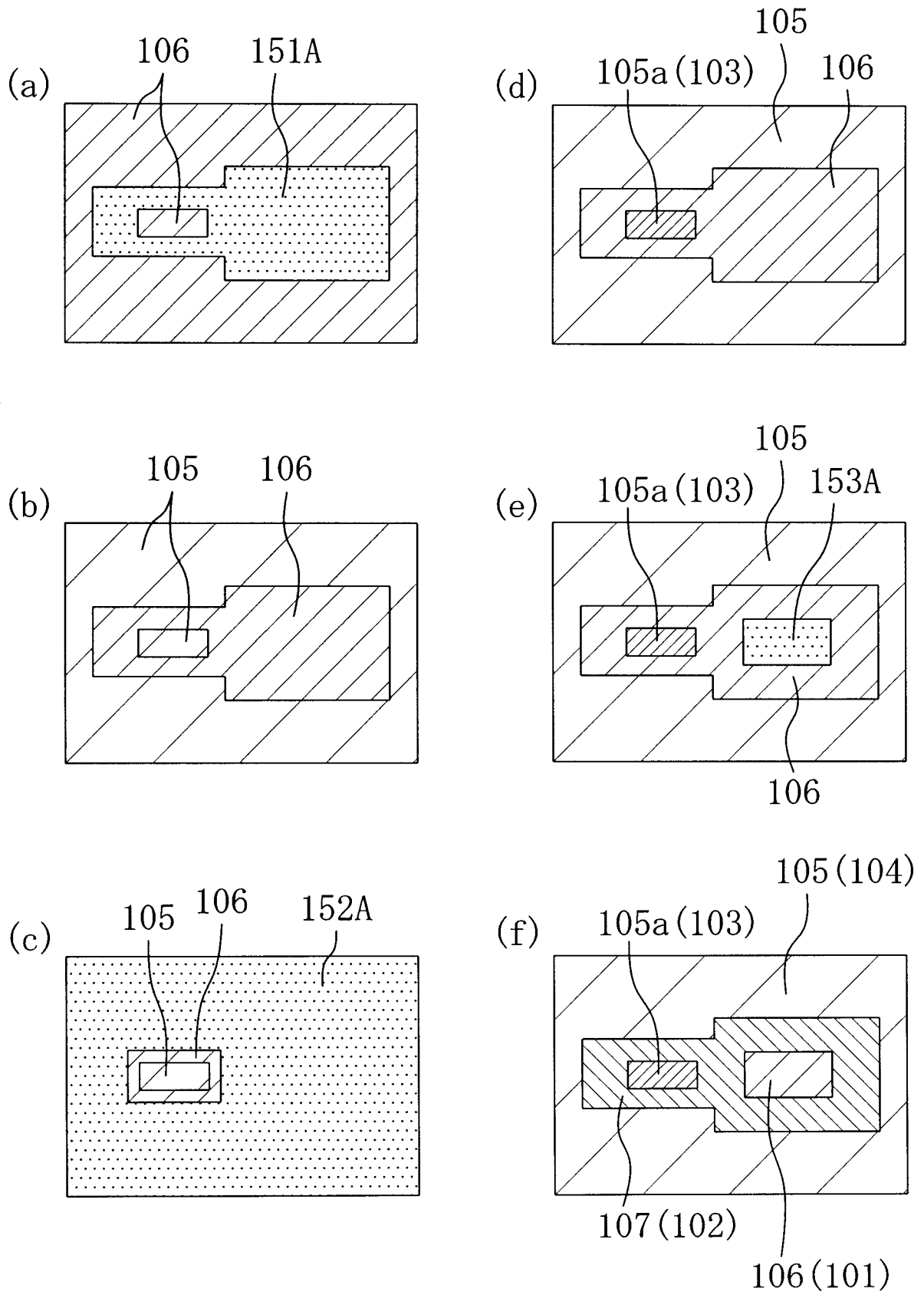


图 39