

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580001606.6

[45] 授权公告日 2008 年 5 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100388043C

[22] 申请日 2005.2.25

[21] 申请号 200580001606.6

[30] 优先权

[32] 2004.2.27 [33] JP [31] 053343/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/003163 2005.2.25

[87] 国际公布 WO2005/083490 日 2005.9.9

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.13

[73] 专利权人 浜松光子学株式会社

地址 日本静岡県

[72] 发明人 寺田浩敏 荒田育男 常盘正治

田边浩 坂本繁

[56] 参考文献

JP 2002-189000 A 2002.7.5

US 5208648 A 1993.5.4

JP 5-80247 A 1993.4.2

WO 00/79313 A1 2000.12.28

审查员 殷 玲

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

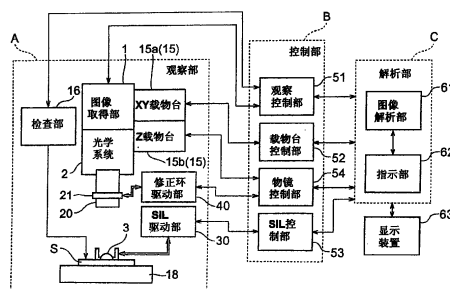
权利要求书 3 页 说明书 27 页 附图 20 页

[54] 发明名称

显微镜和试料观察方法

[57] 摘要

本发明的显微镜和试料观察方法，对于检查对象的半导体器件 S，设置：图像取得部(1)、包含物镜(20)的光学系统(2)、和可在包含从半导体器件(S)向物镜 20 的光轴的插入位置与偏离光轴的待机位置之间移动的固态浸没透镜(SIL3)。而且，以两种控制模式进行观察；第一模式，将(SIL3)配置在待机位置，根据半导体器件(S)的基板的折射率(n_0)和厚度(t_0)修正焦点和像差；第二模式，将(SIL3)配置在插入位置，根据基板的折射率(n_0)、厚度(t_0)、(SIL3)的折射率(n_1)、厚度(d_1)和曲率半径(R_1)，修正焦点和像差。由此，可获得易于对半导体器件的微细构造进行解析等必要的试料观察的显微镜和试料观察方法。



1. 一种显微镜，在规定的观察面上观察试料，其特征在于，具备：
包含物镜，引导所述试料图像的光学系统；
用于驱动所述物镜，对所述试料进行调焦和像差修正的物镜驱动构件；
设置在包含从所述试料向着所述物镜的光轴的位置的固态浸没透镜；和
控制所述物镜驱动构件的控制构件，
所述控制构件具有固态浸没透镜模式作为控制模式，该固态浸没透镜模式在根据所述试料的折射率 n_0 、到所述观察面的所述试料的厚度 t_0 、所述固态浸没透镜的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 设定的修正条件下，进行调焦和像差修正。
2. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于，具备：
驱动所述固态浸没透镜，使其在包含从所述试料向着所述物镜的光轴的插入位置与偏离所述光轴的待机位置之间移动的固态浸没透镜驱动构件。
3. 如权利要求 2 所述的显微镜，其特征在于：
所述光学系统具有作为所述物镜的用于观察所述试料的一般图像的第一物镜，和与所述固态浸没透镜一起用于观察所述试料的放大图像的第二物镜。
4. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：
所述控制机构具有对应于所述固态浸没透镜模式下的所述修正条件的调焦表和像差修正表。
5. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：
所述控制构件具有：在根据所述试料的折射率 n_0 和到所述观察面的所述试料的厚度 t_0 设定的修正条件下进行调焦的一般模式，和所述固态浸没透镜模式的两种控制模式。

6. 如权利要求 5 所述的显微镜，其特征在于：

所述控制构件具有对应于所述一般模式下的所述修正条件的调焦表，和对应于所述固态浸没透镜模式的所述修正条件的调焦表与像差修正表。

7. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：

所述物镜驱动构件具有改变所述试料与所述物镜的间隔并进行调焦的焦点调节构件。

8. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：

所述物镜具有沿光轴配置的第一透镜群和第二透镜群，

所述物镜驱动构件具有改变所述物镜的所述第一透镜群与所述第二透镜群的间隔并进行像差修正的像差修正构件。

9. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：

所述固态浸没透镜的折射率 n_1 与所述试料的折射率 n_0 不同。

10. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：

测定深度 L 由 $L = d_1 + t_0 \times (n_1/n_0)$ 求得，并且所述固态浸没透镜构成为其曲率半径 R_1 与所述测定深度 L 相等。

11. 如权利要求 1 所述的显微镜，其特征在于：

所述固态浸没透镜具有球心为焦点的半球形状。

12. 一种试料观察方法，在规定的观察面上，通过包含物镜的光学系统进行观察，其特征在于，包括：

在偏离从所述试料向着所述物镜的光轴的待机位置配置固态浸没透镜，观察所述试料的一般图像的一般图像观察步骤；

在包含从所述试料向着所述物镜的光轴的插入位置配置所述固态浸没透镜，在根据所述试料的折射率 n_0 、到所述观察面的所述试料的厚度 t_0 、所述固态浸没透镜的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 设定的修正条件下，进行调焦和像差修正的修正步骤；和

在通过所述修正步骤完成调焦和像差修正的状态下，观察所述试料的放大图像的放大图像观察步骤。

13. 如权利要求 12 所述的试料观察方法，其特征在于：
在所述修正步骤中，使用对应于该修正条件的调焦表和像差修正表。

14. 如权利要求 12 所述的试料观察方法，其特征在于，包括：
在偏离从所述试料向着所述物镜的光轴的所述待机位置配置所述固态浸没透镜，在根据所述试料的折射率 n_0 和到所述观察面的所述试料的厚度 t_0 设定的修正条件下进行调焦的一般修正步骤。

15. 如权利要求 14 所述的试料观察方法，其特征在于：
在所述一般修正步骤中，使用对应于该修正条件的调焦表，同时在所述修正步骤中，使用对应于该修正条件的调焦表和像差修正表。

16. 如权利要求 12 所述的试料观察方法，其特征在于：
在所述修正步骤中，改变所述试料和所述物镜的间隔并进行调焦。

17. 如权利要求 12 所述的试料观察方法，其特征在于：
在所述修正步骤中，改变沿所述物镜的光轴配置的第一透镜群和第二透镜群的间隔并进行像差修正。

18. 如权利要求 12 所述的试料观察方法，其特征在于：
所述固态浸没透镜的折射率 n_1 与所述试料的折射率 n_0 不同。

显微镜和试料观察方法

技术领域

本发明涉及显微镜和试料观察方法，用于在规定的观察面上观察半导体器件等试料。

背景技术

近年来，在半导体器件中，器件面（有源电路面）多用于作为基板的下侧的面朝下结合（face down bonding）、倒装式结合（flip-chip bonding）。在这样的半导体器件的检查中，根据封装的种类和安装方向，只要封装不分解，有时就难以使基板的器件面露出。而且，在不进行倒装式安装而可露出基板的器件面的情况下，在高集成化、多层化的半导体器件中，难以观察在下层的配线和元件等。与此相对，提出有从与器件面相反的背面通过基板来观察半导体器件的方法。

作为现有技术的半导体检查装置，已知有放射显微镜（emission scope）（文献 1：日本专利特开平 7-190946 号公报）、OBIRCH 装置（文献 2：日本专利特开平 6-300824 号公报）、时间分解放射显微镜（文献 3：日本专利特开平 10-150086 号公报）等。此外，在使用这样的显微镜的观察中，由于作为半导体器件的基板材料使用的硅（Si）透过近红外光，所以进行使用红外光等的观察。但是，近年来，作为检查对象的半导体器件的微细化在发展，在使用可见光和红外光的现有技术的检查装置中，由于光学系统的衍射界限的限制，所以微细构造的解析困难。

因此，对这种半导体器件的微细构造进行解析，用于检测在半导体器件中形成的晶体管和配线等电路图案中产生的异常部位的情况下，首先，通过使用可见光和红外光的检查装置将存在异常部位的范围缩小到某程度。而且，对于该被缩小的范围，通过使用更高分辨率的电子显微镜等的观察装置进行观察，检测半导体器件的异常部位的方法被使用。

专利文献 1：日本专利特开平 7-190946 号公报

专利文献 2：日本专利特开平 6-300824 号公报

专利文献 3：日本专利特开平 10-150086 号公报

发明内容

如上所述，在进行使用光的检查之后，以电子显微镜进行高分辨率的观察方法，由于作为检查对象的半导体器件的准备、设置等复杂，所以在半导体器件的检查中有非常费事和费时的课题。

另一方面，作为放大观察对象的图像的透镜，已知有固态浸没透镜（SIL：Solid Immersion Lens）。SIL 是半球形状或被称为维尔斯特拉斯（weierstrass）球的超半球形状的透镜，通常是大小为 1mm 左右的小型透镜元件。若使该 SIL 连接设置在观察对象的表面，则可同时放大数值孔径 NA 和倍率，可进行高空间分辨率的观察。但是，在半导体器件的检查中，从其处理和观察控制等观点看，使用 SIL 的检查尚未实用化。这在半导体器件之外的试料观察中也是同样。

本发明是为解决上述问题而发明，其目的是提供一种显微镜和试料观察方法，可容易地进行半导体器件的微细构造解析等必要的试料的观察。

为了达到这样的目的，根据本发明一种显微镜，在规定的观察面上观察试料，其特征在于，具备：（1）包含物镜，引导试料图像的光学系统；（2）用于驱动物镜，对试料进行调焦和像差修正的物镜驱动构件；（3）设置在包含从试料向着物镜的光轴的位置的固态浸没透镜；（4）和控制物镜驱动构件的控制构件，（5）控制构件具有固态浸没透镜模式作为控制模式，该固态浸没透镜模式在根据试料的折射率 n_0 、厚度 t_0 、固态浸没透镜的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 而设定的修正条件下，进行调焦和像差修正。

此外，根据本发明之试料观察方法，在规定的观察面上，经由包含物镜的光学系统进行观察，其特征在于，包括：（a）在偏离从试料向着物镜的光轴的待机位置配置固态浸没透镜，观察试料的一般图像的一般图像观察步骤（第一图像观察步骤）；（b）在包含从试料向着物镜的光轴的插入位置配置固态浸没透镜，在根据试料的折射率 n_0 、

厚度 t_0 、固态浸没透镜的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 设定的修正条件下，进行调焦和像差修正的修正步骤；（c）和在通过修正步骤完成调焦和像差修正的状态下，观察试料的放大图像的放大图像观察步骤（第二图像观察步骤）。

在上述的显微镜和试料观察方法中，从背面通过基板进行半导体器件的检查等，在通过试料对规定的观察面进行的试料观察中，利用具有固态浸没透镜且通过考虑试料和固态浸没透镜的光学参数的观察条件进行观察的控制模式（固态浸没透镜模式），进行试料的观察。由此，以可适当地取得有固态浸没透镜的放大图像，可容易地进行试料的微细构造等的观察。

作为试料观察，例如可例举以半导体器件作为试料，从背面通过基板观察半导体器件。在这种情况下，上述显微镜用作半导体检查装置，可容易地进行半导体器件的微细构造解析等的检查。此外，对于引导试料图像的光学系统，也可设置取得试料图像的图像取得构件。

这里，显微镜也可以具有：驱动固态浸没透镜，使其在包含从试料向着物镜的光轴的插入位置与偏离光轴的待机位置之间移动的固态浸没透镜驱动构件。通过设置这样的固态浸没透镜驱动构件，容易取得无/有固态浸没透镜的一般图像/放大图像。

此外，光学系统也可作为物镜，使用具有用于观察试料的一般图像的第一物镜，和与固态浸没透镜一起用于观察试料的放大图像的第二物镜的构成。在这样无/有固态浸没透镜而使用个别的物镜的情况下，使用切换物镜的转换器（revolver）作为上述固态浸没透镜驱动构件。

此外，优选显微镜的控制构件具有根据试料的折射率 n_0 和到观察面的试料厚度 t_0 设定的修正条件，进行调焦的一般模式；和上述固态浸没透镜模式的两种控制模式。同样，优选试料观察方法包括一般修正步骤，在偏离从试料向着物镜的光轴的待机位置设置固态浸没透镜，并根据试料的折射率 n_0 和到观察面的试料厚度 t_0 设定修正条件进行调焦。此外，在这样的一般模式中，若有必要则与固态浸没透镜模式同样，也可以与调焦同时进行像差修正。

在上述显微镜和试料观察方法中，切换通过无固态浸没透镜考虑试料的光学参数的观察条件进行观察的第一模式（一般模式），和通

过有固态浸没透镜考虑试料和固态浸没透镜的光学参数的观察条件进行观察的第二模式（固态浸没透镜模式），进行试料观察。由此，可分别适当地取得无/有固态浸没透镜下的一般图像/放大图像，可容易地进行试料的微细构造等观察。

对于对试料的调焦，优选显微镜的物镜驱动构件具有改变试料与物镜的间隔，进行调焦的焦点调节构件。同样，优选试料观察方法在修正步骤中，改变试料与物透镜的间隔，进行调焦。

此外，对于像差修正，优选显微镜的物透镜具有沿光轴配置的第一透镜群和第二透镜群，物镜驱动构件具有改变物镜的第一透镜群与第二透镜群的间隔，进行像差修正的像差修正构件。同样，优选试料观察方法在修正步骤中，改变物镜中沿光轴配置的第一透镜群与第二透镜群的间隔，进行像差修正。

对于具体的修正方法，优选显微镜的控制构件具有在固态浸没透镜模式下对应于修正条件的调焦表和像差修正表。同样，优选试料观察方法在修正步骤中，使用对应于其修正条件的调焦表和像差修正表。

此外，在切换无/有固态浸没透镜情况下，优选显微镜的控制构件具有在一般模式（第一模式）下的对应于修正条件（第一修正条件）的调焦表（第一调焦表），和在固态浸没透镜模式（第二模式）下的对应于修正条件（第二修正条件）的调焦表（第二调焦表）和像差修正表（第二像差修正表）。在这种情况下，在一般模式中若有必要进行像差修正，则优选控制构件进而具有在一般模式下的对应于修正条件的像差修正表（第一像差修正表）。

同样，优选试料观察方法在一般修正步骤（第一修正步骤）中，使用对应于该修正条件（第一修正条件）的调焦表（第一调焦表），同时在修正步骤（第二修正步骤）中，使用对应于该修正条件（第二修正条件）的调焦表（第二调焦表）和像差修正表（第二像差修正表）。在这种情况下，一般修正步骤中若有必要进行像差修正，则在一般修正步骤中，进而使用对应于该修正条件的像差修正表（第一像差修正表）。

这样，通过使用调焦表和像差修正表，可容易且确实地执行调焦和像差修正。

此外，优选显微镜是，其固态浸没透镜驱动构件具有：支撑固态浸没透镜的固态浸没透镜支持器所连结的第一腕部件、使第一腕部件对于试料在大致平行的水平面内转动的第一腕部件转动源、保持第一腕部件转动源的第二腕部件、和以与第一腕部件转动源的转动轴不同轴的位置作为转动轴而使第二腕部件在水平面内转动的第二腕部件转动源的固态浸没透镜移动装置。

通过使用这样的固态浸没透镜移动装置，对于半导体器件等试料和物镜，可使固态浸没透镜在插入位置与待机位置之间适当地移动。在这种情况下，进而，优选固态浸没透镜移动装置具有使第二腕部件转动源在与水平面正交的垂直方向上移动的垂直方向移动源。

根据本发明，使用将固态浸没透镜配置在包含从试料向着物镜的光轴的插入位置且考虑试料和固态浸没透镜的光学参数进行观测的固态浸没透镜模式，在规定观察面上通过试料进行试料的观察，可获得可容易地进行观察试料的微细构造等的显微镜和试料观察方法。

附图说明

图1是表示半导体检查装置一个实施方式的构成框图。

图2是表示图1所示的检查装置中物镜构成的侧视剖面图。

图3是表示图1所示的检查装置中使用SIL的半导体器件的观察方法的侧视图。

图4是表示使用图1所示的检查装置的半导体检查方法的一例的流程图。

图5是表示图4所示的检查方法中关于以一般模式下的观察和SIL模式下的观察的流程图。

图6是表示半导体器件的观察中的(a)默认状态、(b)一般模式、(c)SIL模式的示意图。

图7是表示基板的折射率与几何学像差关系的一例曲线图。

图8是表示基板厚度与焦点移动量的关系的一例曲线图。

图9是表示基板厚度与物镜中透镜群的间隔关系的一例曲线图。

图10是表示测定深度与焦点移动量的关系的一例曲线图。

图11是表示测定深度与物镜的透镜群的间隔关系的一例曲线图。

图 12 是表示测定深度与物镜的透镜群的间隔关系的一例曲线图。

图 13 是表示半导体检查装置的其它实施方式的构成图。

图 14 是从侧面表示图 13 所示的半导体检查装置的构成图。

图 15 是从上方看 SIL 控制器和物镜的一个实施方式的斜视图。

图 16 是表示 SIL 配置在待机位置的状态下 SIL 控制器和物镜的底视图。

图 17 是表示 SIL 配置在插入位置的状态下 SIL 控制器和物镜的底视图。

图 18 是表示 SIL 配置在交换位置的状态下 SIL 控制器和物镜的底视图。

图 19 是表示 SIL 支持器的构成斜视图。

图 20 是表示 SIL 支持器的 (a) 待机位置的状态、和 (b) 插入位置状态下的纵剖面图。

【符号说明】

A...观察部

1...图像取得部

10...高灵敏度照相机

12...激光扫描光学系统单元 (LSM 单元)

12a...激光导入用光纤

12c...检测用光纤

12b、12d...透镜

12e、...光束分离器

12f...XY 扫描仪

15...XYZ 载物台

15a...XY 载物台

15b...Z 载物台

16...检查部

18...载物台

19...测试夹具

2...光学系统

20...物镜

20a...第一透镜群
20b...第二透镜群
21...修正环
22...照相机用光学系统
22a...透镜
24...LSN 单元用光学系统
24a...光束分离器
24b...镜
24c...透镜
3...固态浸没透镜 (SIL)
40...修正环驱动部
B...控制部
51...观察控制部
51a...照相机控制部
51b...LSM 控制部
51c...OBIRCH 控制部
52...载物台控制部
53...SIL 控制部
54...物镜控制部
C...解析部
61...图像解析部
62...指示部
63...显示装置
30A...SIL 控制器
71...第一腕部件
72...第一腕部件转动源
73...第二腕部件
74...第二腕部件转动源
75...Z 方向移动源
76、77...支撑部
85...光结合材料供给管

- 95...气体供给管
- 5...SIL 支持器
- 6...支持器
- 7...腕部
- 8...第一支持器
- 9...第二支持器
- 11...外罩

具体实施方式

以下，参照附图详细说明本发明的显微镜和试料观察方法的最佳实施方式。其中，附图的说明中在同一要素赋予相同符号，并省略其重复说明。此外，附图的尺寸比率不一定与说明的尺寸比率一致。

首先，说明本发明的显微镜，即半导体检查装置的基本构成。图1是表示本发明的半导体检查装置的一个实施方式的构成框图。本装置是，例如以由晶体管和配线等构成的电路图案形成在器件面上的半导体器件S作为检查对象（观察对象）的试料，同时将该器件面设定为观察面，从与器件面相反的背面通过基板观察半导体器件S并进行检查的检查装置。这里，本发明的显微镜和试料观察方法，可适用于在规定的观察面上通过试料进行对试料的观察的情况，但在以下，主要对于作为其适用例的半导体检查装置和检查方法进行说明。

本实施方式的导体检查装置，是具备进行观察半导体器件S的观察部A、用于控制观察部A的各部动作的控制部B、和进行在半导体器件S的检查中必要的处理和指示等的解析部C。此外，本检查装置的检查对象，即作为观察对象的试料的半导体器件S，在设置于观察部A的载物台18上，将作为该观察面的器件面作为载物台18侧，将背面作为上侧而载置。

观察部A具有设置于暗箱（未图示）内的图像取得部1、光学系统2、和固态浸没透镜（SIL：Solid Immersion Lens）3。图像取得部1例如由光检测器和摄像装置等构成，是用于取得半导体器件S的图像的构件。此外，在图像取得部1与载置在载物台18上的半导体器件S之间，设置有光学系统2，其用于将由来自半导体器件S的光所形成的

图像导向图像取得部 1。

在光学系统 2 上相对于该半导体器件 S 的规定位置，设置有来自半导体器件 S 的光射入的物镜 20。从半导体器件 S 所射出或反射等的光向着物镜 20 射入，并经由包含该物镜 20 的光学系统 2 而到达图像取得部 1。而且，在图像取得部 1 中，取得用于检查的半导体器件 S 的图像。

图像取得部 1 和光学系统 2 在相互的光轴一致的状态下一体地构成。此外，对于这些图像取得部 1 和光学系统 2，设置有由 XY 载物台 15a 和 Z 载物台 15b 构成的 XYZ 载物台 15。XY 载物台 15a 用于使图像取得部 1 和光学系统 2 在 X-Y 面内（水平面内）移动，对半导体器件 S 设定观察位置（检查位置）。此外，Z 载物台 15b 用于，使图像取得部 1 和光学系统 2 在 Z 方向（垂直方向）上移动，对半导体器件 S 进行调焦。由此，Z 载物台 15b 改变半导体器件 S 的基板与光学系统 2 的物镜 20 的间隔，进行观察焦点的调焦，作为焦点调节构件发挥作用。

此外，在本实施方式中，如图 2 的侧视剖面图所示，物镜 20 的透镜群由第一透镜群 20a 和第二透镜群 20b 的两个透镜群构成。这些透镜群 20a、20b 沿着物镜 20 的光轴在上侧、下侧分别配置。物镜 20 通过使设置于其外周部的修正环 21（参照图 1）旋转，构成为可改变透镜群 20a、20b 的间隔 u 。此外，修正环 21 通过修正环驱动部 40 驱动控制。由此，修正环 21 和修正环驱动部 40 改变物镜 20 的透镜群 20a、20b 的间隔 u ，进行观察的像差修正，作为像差修正构件发挥作用。

在这样的构成中，通过由 Z 载物台 15b 构成的焦点调节构件、和由修正环 21 与修正环驱动部 40 构成的像差修正构件，构成用于驱动物镜 20，进行对半导体器件 S 的调焦和像差修正的物镜驱动构件。而且，在图 2 中，对于包含修正环 21 的物镜 20 的具体构造和驱动机构省略其图示。此外，对于半导体器件 S 的调焦，可通过驱动载置半导体器件 S 的载物台 18 进行。

此外，在图 1 所示的检查装置中，对于半导体器件 S 设置有检查部 16。检查部 16 在进行半导体器件 S 的检查时，根据需要，进行半导体器件 S 的状态控制等。检查部 16 的半导体器件 S 状态的控制方法，根据对半导体器件 S 适用的具体检查方法而不同，但例如，可采用对

半导体器件 S 上形成的电路图案的规定部分供给电压的方法，或对半导体器件 S 照射作为探测器光的激光的方法等。

在本实施方式中，在该观察部 A 还设置有 SIL3。该 SIL3 是用于放大半导体器件 S 的图像所使用的透镜。此外，SIL3 对于图像取得部 1、光学系统 2 和载置于载物台 18 上的半导体器件 S 设置为可移动。具体而言，SIL3 是在包含从半导体器件 S 向着物镜 20 的光轴且在连接于半导体器件 S 而设置的插入位置与偏离光轴的待机位置之间构成为可移动。

此外，对于 SIL3，设置有固态浸没透镜驱动部（SIL 驱动部）30。SIL 驱动部 30 是用于驱动 SIL3，使其在上述插入位置与待机位置之间移动的驱动构件。此外，SIL 驱动部 30 是通过使 SIL3 的位置进行微小地移动，调整 SIL3 对于光学系统 2 的物镜 20 的插入位置。而且，在图 1 中，表示配置在物镜 20 与半导体器件 S 之间的插入位置的状态下的 SIL3。

这里，通常，作为 SIL 采用球心为焦点且具有数值孔径 NA 和倍率均为 n 倍的半球形状的透镜，或距离球心仅向下方偏离 R/n 的位置为焦点且具有数值孔径 NA 和倍率均为 n^2 倍的超半球形状的透镜（例如，参照日本专利特开 2002-189000 号公报）。

图 3 是表示图 1 所示的检查装置中使用 SIL 的半导体器件的观察方法的侧视图。在本检查装置中，上述半导体器件 S 将其器件面 Sa 作为下侧（载物台 18 侧），将背面 Sb 作为上侧（物镜 20 侧）而设置在载物台 18 上。对于该半导体器件 S，SIL3 是在插入位置中使其平面状或凸面状的透镜面能连接于背面 Sb 而配置。作为这样的 SIL，例如已知有 plano-convex lens、bi-convex lens（例如，参照日本专利特开平 5-157701 号公报和美国专利第 6594086 号公报）。

这样，在使用物镜 20 和 SIL3，从背面 Sb 通过基板观察半导体器件 S 的情况下，作为半导体器件 S 的光学参数，有基板的折射率 n_0 和厚度 t_0 。此外，作为 SIL3 的光学参数，有折射率 n_1 、厚度 d_1 和球面状的透镜面的曲率半径 R_1 。在图 3 中，将从物镜 20 侧通过 SIL3 和基板向器件面 Sa 聚焦的光路由实线表示。此外，假定半导体器件 S 的基板的折射率 n_0 与 SIL3 的折射率 n_1 相等的情况下，光路由虚线表示。

此外，图中的 L 是虚线的光路中 SIL3 的、从固态浸没透镜球面测定的深度，即从 SIL3 的透镜面形状求得的离开焦点位置的 SIL3 顶点的距离（以下作为测定深度）。该测定深度 L 根据 $L=d_1+t_0 \times (n_1/n_0)$ 求得，使实际观察中调焦在器件面 Sa 上。而且，对于 SIL3 具体的透镜形状（例如与曲率半径 R_1 相对应的厚度 d_1 的设定），根据需要适当地设定。此外，一般而言，对于基板（试料）的厚度 t_0 ，在试料内部设定观察面并通过试料的一部分进行观察的情况下，到观察面为止将试料的厚度作为厚度 t_0 即可。

对进行用于检查半导体器件 S 的观察等的观察部 A，设置有控制部 B 和解析部 C。

控制部 B 具有：观察控制部 51、载物台控制部 52、SIL 控制部 53 和物镜控制部 54。观察控制部 51 通过控制图像取得部 1 和检查部 16 的动作，在观察部 A 中控制进行半导体器件 S 的观察的执行和观察条件的设定等。

载物台控制部 52 通过控制 XY 载物台 15a 的动作，控制作为本检查装置中检查位置的图像取得部 1 和光学系统 2 决定的半导体器件 S 的观察位置的设定或其定位。此外，SIL 控制部 53 通过控制 SIL 驱动部 30 的动作，控制插入位置与待机位置之间 SIL3 的移动，或 SIL3 的插入位置的调整等。

物镜控制部 54 通过控制 Z 载物台 15b 的动作，控制改变半导体器件 S 的基板与物镜 20 的间隔的调焦。进而，该控制部 54 通过控制修正环驱动部 40 和修正环 21 的动作，控制改变物镜 20 中透镜群 20a、20b 的间隔 u 的像差修正。

解析部 C 具有图像解析部 61 和指示部 62。图像解析部 61 对通过图像取得部 1 取得的图像进行必要的解析处理。而且，指示部 62 参照由操作者输入的内容和图像解析部 61 的解析内容等，对控制部 B 进行必要的指示。此外，解析部 C 连接显示装置 63。通过解析部 C 取得或解析的图像、数据等，根据需要显示在显示装置 63 中。

在这样的构成中，控制部 B 控制 Z 载物台 15b、修正环驱动部 40、包含修正环 21 的物镜驱动构件、和包含 SIL 驱动部 30 的固态浸没透镜驱动构件，是控制观察半导体器件 S 的器件面 Sa 时的观察条件的控

制构件。特别地，在本实施方式中，对应于 SIL3 构成为可在插入位置与待机位置之间移动，包含 SIL 控制部 53 和物镜控制部 54 的控制部 B 具有一般模式（第一模式）和固态浸没透镜模式（SIL 模式、第二模式）的两种控制模式。

在一般模式下，SIL 控制部 53 通过 SIL 驱动部 30 在偏离光轴的待机位置配置 SIL3。此外，物镜控制部 54 在根据半导体器件 S 的基板的折射率 n_0 和厚度 t_0 所设定的第一修正条件下，通过 Z 载物台 15b、修正环驱动部 40 和修正环 21 进行观察条件的调焦和像差修正。而且，经由包含物镜 20 的光学系统 2，从背面 Sb 进行半导体器件 S 的观察。在物镜控制部 54 上准备有对应于该第一修正条件的第一调焦表和第一像差修正表。

在 SIL 模式中，SIL 控制部 53 通过 SIL 驱动部 30 在包含光轴的插入位置配置 SIL3。此外，物镜控制部 54 在根据半导体器件 S 的基板的折射率 n_0 、厚度 t_0 、SIL3 的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 设定的第二修正条件下，通过 Z 载物台 15b、修正环驱动部 40 和修正环 21 进行观察条件的调焦和像差修正。而且，经由包含物镜 20 的光学系统 2 和 SIL3，从背面 Sb 进行半导体器件 S 的观察。在物镜控制部 54 上准备有对应于该第二修正条件的第二调焦表和第二像差修正表。

其次，对作为本发明的试料观察方法，即半导体检查方法进行说明。图 4 是表示使用图 1 所示的检查装置的半导体检查方法中一例的流程图。此外，图 5 是具体地表示图 4 所示的检查方法中一般模式下的观察和 SIL 模式下的观察的观察方法流程图。此外，图 6 是表示半导体器件的观察中（a）默认状态、（b）一般模式、和（c）SIL 模式的示意图。

首先，选择对作为检查对象的半导体器件 S 具有适合观察的光学参数的 SIL3，并将该 SIL3 对 SIL 驱动部 30 进行设置（步骤 S101）。此外，将选择的 SIL3 的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 的各光学参数通过设于解析部 C 的输入装置输入（S102）。此外，将检查对象的半导体器件 S 的背面 Sb 作为上侧设置在载物台 18 上（S103）。而且，在设置后的半导体器件 S 的背面 Sb 进行观察焦点的调焦。由此，如图 6（a）所示，设定焦点和像差（S104），使在作为半导体器件 S 的上

面的背面 Sb 上调焦。在此状态下，即基板厚度 $t_0=0$ ，是观察半导体器件 S 时的默认状态（进行原点测出后的状态）。而且，在此状态下，SIL3 配置在偏离光轴的待机位置。

其次，输入作为观察对象的试料的半导体器件 S 的基板的折射率 n_0 和厚度 t_0 的各光学参数（S105）。

接着，对于半导体器件 S，在一般模式下使用物镜 20 进行观察（S200）。具体而言，如图 5 的流程图所示，使用根据基板的折射率 n_0 和厚度 t_0 的第一调焦表、第一像差修正表，调整物镜 20 的移动量 ΔZ 和透镜群 20a、20b 的间隔 u 。由此，如图 6（b）所示，执行调焦和像差修正（S201、第一修正步骤），从背面 Sb 通过基板使在设定于半导体器件 S 的观察面的器件面 Sa 调焦。

若完成观察条件的设定，则进行用于检查半导体器件 S 的观察（S202、第一图像观察步骤）。这里，通过图像取得部 1，经由包含物镜 20 的光学系统 2，观察设置在半导体器件 S 的器件面 Sa 上的电路图案的一般图像。此外，通过载物台控制部 52 驱动控制 XY 载物台 15a，并使图像取得部 1 和光学系统 2 在 X-Y 面内移动。而且，找到想观察的半导体器件 S 的部位设置并在可视范围中心，设定为检查位置（观察位置）。

接着，进行使用物镜 20 和 SIL3 的 SIL 模式的观察（S300）。具体而言，通过 SIL 控制部 53 驱动 SIL 驱动部 30，使 SIL3 从待机位置向着插入位置移动。而且，在连接于半导体器件 S 的背面 Sb 的状态下，进行检查定位，并将 SIL3 插入到可视范围内（S301）。在此状态下，使用根据基板的折射率 n_0 、厚度 t_0 、SIL3 的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 的第二调焦表、第二像差修正表，调整物镜 20 的移动量 ΔZ 和透镜群 20a、20b 的间隔 u 。由此，如图 6（c）所示，执行调焦和像差修正（S302、第二修正步骤），通过 SIL3 和基板，使在半导体器件 S 的器件面 Sa 调焦。此外，根据需要，调焦点、像差、SIL3 的位置等观察条件进行微调（S303）。

若完成观察条件的设定，则进行半导体器件 S 的观察（S304、第二图像观察步骤）。这里，通过图像取得部 1，经由包含物镜 20 的光学系统 2 和 SIL3 观察半导体器件 S 的放大图像，对位于检查位置的电

路图案进行检查。若完成对设定的检查位置的必要观察和检查，则将 SIL3 偏离可视范围而向待机位置移动（S305）。

其次，如图 4 的流程图所示，对于设置于载物台 18 的半导体器件 S，确认是否需要观察其它位置（S106），若有必要则重复执行一般模式下的观察（S200）和 SIL 模式下的观察（S300）。此外，若无必要观察其它位置，则确认是否观察其它半导体器件（S107），若有必要则重复执行半导体器件 S 的设置（S103）以后的各处理。若无其它半导体器件，则结束半导体器件的检查。

对本实施方式的半导体器件和半导体检查方法的效果进行说明。

在图 1 所示的半导体检查装置和图 4、图 5 所示的半导体检查方法中，从背面 Sb 通过基板进行的半导体器件 S 的检查中，将 SIL3 配置在待机位置，在考虑到基板的光学参数 n_0 、 t_0 的观察条件下进行观察的一般模式，和将 SIL3 配置在插入位置，在考虑到基板的光学参数 n_0 、 t_0 和 SIL3 的光学参数 n_1 、 d_1 、 R_1 的观察条件下进行观察的 SIL 模式，切换它们进行进行检查。由此，对无/有 SIL3 的状态适当地执行调焦和像差修正，可分别适当地取得半导体器件 S 的一般图像/放大图像。因此，可容易地进行半导体器件 S 的微细构造解析等的检查。

此外，在上述实施方式中，作为对物镜 20 的焦点调节构件，使用调整半导体器件 S 的基板与物镜 20 的间隔的 Z 载物台 15b。此外，作为物镜 20 的像差修正构件，适用由透镜群 20a、20b 构成的透镜结构，同时使用调整透镜群的间隔的修正环 21，和修正环驱动部 40。通过这样的构成，可适当地调整观察半导体器件 S 时的焦点和像差。此外，也可使用它们之外的构成。例如，对于半导体器件 S 的调焦，如上所述也可是使载置半导体器件 S 的载物台 18 向 Z 轴方向驱动的构成。

此外，对于调焦和像差修正的具体方法，对应于各修正条件，使用控制部 B 所准备的调焦表和像差修正表来执行。由此，可容易且确实地修正对半导体器件 S 的观察条件。但，作为这样的方法，也可使用调焦表和像差修正表之外的方法。例如，为了进行调焦和像差修正而准备必要的计算公式，使用该计算公式算出调焦、像差修正的条件构成亦可。

在图 1 所示的构成中，具体而言，优选调焦表根据 Z 载物台 15b

向物镜 20 的 Z 方向的驱动距离（焦点移动量） ΔZ 作成。此外，优选像差修正表根据物镜 20 中的透镜群 20a、20b 的间隔 u ，或对应于间隔 u 的修正环 21 的旋转量而作成。

此外，这些修正表是对于假定的基板和 SIL 的光学参数的组合预先作成的仅有必要数量的表，也可根据输入后的参数选择使用的表。或者，也可在输入参数后的时刻作成修正表。此外，对于 SIL 的光学参数的输入，除将参数值分别输入以外，也可使用准备有对应于 SIL 型号的参数的设定的构成，或将存储有参数值的 IC 芯片等的记忆介质设置在 SIL 中，使用时读出数据的构成等。

而且，作为半导体基板和 SIL 所使用的主要材料及其折射率 n ，可例举如下。

Si	: 3.5
GaP	: 3.1
G a A s	: 3.4
玻璃	: 1.45~2
塑料	: 1.45~2

此外，对于 SIL 的材料，作为检查对象的半导体器件的 Si、GaP 等基板材料，优选选择使用折射率接近的材料。此外，上述实施方式对将观察对象的试料作为半导体器件的半导体检查装置和检查方法进行说明，但一般而言，在将半导体器件等各种装置作为试料的情况下，作为对象的装置不限于使用半导体基板，如聚硅薄膜晶体管等，也可将玻璃和塑料等构成的基板的集成电路作为观察对象。例如液晶器件在玻璃基板上，有机 EL 等在塑料基板上制作装置。

在使用 Si 制 SIL 的情况下，基板若为 Si 基板，则有基板与 SIL 的界面不会产生像差的优点。但是， $1.1\mu\text{m}$ 以下波长的光的穿透率较低，即使将基板减薄仍须注意由于 SIL 而吸收光这一点。

此外，在使用 GaP 制 SIL 情况下，除 Si 的穿透波长区域之外，也有穿透可视区域 $\sim 1.1\mu\text{m}$ 波长光的优点。在这种情况下，通过充分地减薄 Si 基板，可观察这样的波长区域。例如，将 Si 基板减薄到 $30\mu\text{m}$ 左右，在 LSM（后述）的图像取得中通过使用 $1\mu\text{m}$ 以下波长的激光，可实现观察的高解析度化。另一方面，在 GaP 制 SIL 中，有必要注意

Si 基板的情况中在基板与 SIL 的界面会产生折射率差造成的所谓球面像差的几何学像差这一点。而且，在如上述充分地减薄基板的情况下，可忽略几何学像差的影响。

对于上述半导体检查方法，参照具体的数据进一步说明。

首先，对一般模式的观察条件的修正进行说明。使用物镜 20 观察半导体器件 S 的器件面 Sa 时（参照图 6（b）），在其基板的背面 Sb 产生的几何学像差 I 由以下公式（1）求出。

$$I = (n_0^2 - 1) t_0 NA^2 / (2n_0^3) \dots (1)$$

在该公式（1）中，NA 是物镜 20 的数值孔径。

图 7 是表示基板的折射率与几何学像差的关系的一例曲线图。在该曲线图中，横轴表示观察对象的基板（试料）的折射率 n_0 ，纵轴表示（几何学像差/基板厚度） I/t_0 。此外，该曲线图的物镜 20 的数值孔径为 $NA=0.76$ 。一般模式中的观察条件的修正根据这样求出的几何学像差 I 等的光学特性，作成调焦表和像差修正表。

图 8 是表示基板厚度和使物镜移动的焦点移动量的关系的一例曲线图。在该曲线图中，横轴表示基板厚度 t_0 （ μm ），纵轴表示焦点移动量 ΔZ （mm）。此外，表示将曲线 A1 为 Si（ $n_0=3.5$ ）、A2 为 GaP（ $n_0=3.1$ ）、A3 为玻璃（ $n_0=1.5$ ）作为基板材料时的相关曲线。这里，从公式（1）可知，若 NA 和 n_0 固定，则几何学像差 I 与基板厚度 t_0 成正比。因此，在图 8 所示的例子中，调焦用的焦点移动量 ΔZ 由对厚度 t_0 或几何学像差 I 的比例式算出。

图 9 是表示基板厚度与物镜的透镜群的间隔关系的一例曲线图。在该曲线图中，横轴表示基板厚度 t_0 （ μm ），纵轴表示物镜 20 中设定的透镜群 20a、20b 的间隔 u （mm）。此外，表示将曲线 B1 为 Si、B2 为 GaP、B3 为玻璃作为基板材料时的关系。在图 9 所示的例子中，像差修正用的透镜群的间隔 u 由对厚度 t_0 或几何学像差 I 以一次式算出。而且，在图 8 和图 9 中，包含相关数值等具体的相关式通过各自的物镜 20 中的透镜构成等决定。对于相关式的次数等的函数系，使用适当的函数即可。

其次，对 SIL 模式的观察条件的修正进行说明。在使用物镜 20 和 SIL3 观察器件面 Sa 时（参照图 6（c）），其几何学像差 I 是在 SIL3

的透镜球面产生的几何学像差 I_1 ，和在 SIL3/基板的界面产生的几何学像差 I_2 的和 $I=I_1+I_2$ 。在 SIL3 的透镜球面产生的几何学像差 I_1 ，为了简单起见，令 $R_1=1\text{mm}$ 、 $n_1=3.5$ ，则以如下公式 (2) 求出。

$$I_1=6.25(L-1)^2 \times (3.5L-4.5)L \dots (2)$$

在该公式 (2) 中， L 是图 3 所示的 SIL3 的测定深度。

此外，在 SIL3/基板的界面产生的几何学像差 I_2 如下公式 (3) 求出。

$$I_2=n_1(n_0^2-n_1^2)t_0NA^2/(2n_0^3) \dots (3)$$

SIL 模式中的观察条件的修正根据这样求得的几何学像差 I_1 、 I_2 等的光学特性，作成调焦表和像差修正表。

图 10 是表示测定深度与焦点移动量的关系的一例曲线图。在该曲线图中，横轴表示测定深度 $L(\mu\text{m})$ ，纵轴表示焦点移动量 $\Delta Z(\text{mm})$ 。此外，在该曲线图中，令基板的光学参数为 $n_0=3.5$ 、 $t_0=100\mu\text{m}$ ，SIL3 的光学参数为 $n_1=3.1$ 、 $R_1=0.5\text{mm}$ 。而且，SIL3 的厚度 d_1 随着上述公式 $L=d_1+t_0 \times (n_1/n_0)$ 与测定深度 L 一起变化。通过如图 10 所示的关系，算出调焦用的焦点移动量 ΔZ 。

图 11 是表示测定深度与物镜的透镜群的间隔关系的一例曲线图。在该曲线图中，横轴表示测定深度 $L(\mu\text{m})$ ，纵轴表示透镜群 20a、20b 的间隔 $u(\text{mm})$ 。此外，该曲线图表示令基板的光学参数为 $n_0=3.5$ ，SIL3 的光学参数为 $n_1=3.1$ 、 $R_1=0.5\text{mm}$ ，到达 NA 为 2.2 的修正状态。此外，曲线 C0 表示未修正状态、C1 是 SIL3 的厚度 $d_1=480\mu\text{m}$ 、C2 是 $d_1=450\mu\text{m}$ 、C3 是 $d_1=420\mu\text{m}$ 、C4 是 $d_1=390\mu\text{m}$ 、C5 是 $d_1=360\mu\text{m}$ 、C6 是 $d_1=330\mu\text{m}$ 的修正状态。而且，基板的厚度 t_0 随着上述的 L 公式与测定深度 L 一起变化。

此外，图 12 是表示测定深度与物镜的透镜群的间隔关系的其它例曲线图。该曲线图表示令基板的光学参数为 $n_0=3.5$ ，SIL3 的光学参数为 $n_1=3.5$ 、 $R_1=0.5\text{mm}$ ，到达 NA 为 2.5 的修正状态。在这种情况下，由于基板和 SIL3 的折射率相等，所以透镜群的间隔 u 不取决于 SIL3 的厚度 d_1 ，基板的厚度 t_0 与 SIL3 的厚度 d_1 与测定深度 L 一起以任意组合进行变化。通过这些图 11、图 12 所示的关系，算出像差修正用的透镜群的间隔 u 。

进一步对本发明的半导体检查装置和检查方法进行说明。

图 13 是表示本发明的半导体检查装置的其它实施方式的构成图。此外，图 14 是将图 13 所示半导体检查装置从侧面表示的构成图。本实施方式表示图 1 所示的半导体检查装置的具体构成。

本实施方式的半导体检查装置具备观察部 A、控制部 B、解析部 C。其中，这里，对解析部 C 省略图示。作为检查对象的半导体器件 S 载置于设置于观察部 A 的载物台 18 上。进而，在本实施方式中，对半导体器件 S 设置有施加检查所必须的电气信号等测试夹具（test fixture）19。半导体器件 S 配置为使其背面面对物镜 20。

观察部 A 具有：设置于暗箱（未图示）内的高灵敏度照相机 10、激光扫描光学系统（LSM：Laser Scanning Microscope）单元 12、光学系统 22、24、XYZ 载物台 15、SIL3、SIL 驱动部 30 和修正环驱动部 40。

其中，照相机 10 和 LSM 单元 12 相当于图 1 所示构成中的图像取得部 1。此外，光学系统 22、24 相当于光学系统 2。在光学系统 22、24 的半导体器件 S 侧设置有物镜 20。在本实施方式中，如图 13 和图 14 所示，设置有可切换的分别具有不同倍率的多个物镜 20。此外，物镜 20 上设置有图 2 所示的两个透镜群 20a、20b 和修正环 21，通过修正环驱动部 40 构成为可修正像差。此外，测试夹具 19 相当于检查部 16。此外，LSM 单元 12 与作为图像取得部 1 的功能配合，也具有作为检查部 16 的功能。

光学系统 22 是将经由物镜 20 射入后的来自半导体器件 S 的光向照相机 10 导入的照相机用光学系统。照相机用光学系统 22 具有将通过物镜 20 以规定倍率放大后的图像在照相机 10 内部的受光面成像的成像透镜 22a。此外，在物镜 20 与成像透镜 22a 之间，夹着有光学系统 24 的光束分离器（beam splitter）24a。作为高灵敏度照相机 10，例如使用冷却 CCD 照相机等。

在这样的构成中，来自半导体器件 S 的光经由包含物镜 20 的照相机用光学系统 22 的光学系统向照相机 10 导入。而且，通过照相机 10 取得半导体器件 S 的图案图像等的图像。或者，也可取得半导体器件 S 的发光图像。在这种情况下，在通过测试夹具 19 施加电压的状态下从

半导体器件 S 产生的光，经由光学系统向照相机 10 导入。而且，通过照相机 10 取得作为异常观察图像所使用的半导体器件 S 的发光图像。作为来自半导体器件 S 的发光，可例举根据半导体器件的缺陷引起异常部位的发光，和随着半导体器件中的晶体管的切换动作的瞬时发光等。进而，所取得的图像也可以是基于装置的缺陷发热图像。

LSM 单元 12 具有：用于照射红外激光的激光导入用光纤 12a、将从光纤 12a 照射的激光作为平行光的准直透镜（collimator lens）12b、通过透镜 12b 反射作为平行光的激光而变换光路的光束分离器 12e、将以光束分离器 12e 反射的激光在 XY 方向进行扫描并向半导体器件 S 侧射出的 XY 扫描仪 12f。

此外，LSM 单元 12 具有：从半导体器件 S 侧经由 XY 扫描仪 12f 射入，用于聚光穿透光束分离器 12e 的光的电磁透镜（condenser lens）12d、和用于检测通过电磁透镜 12d 聚光的光的检测用光纤 12c。

光学系统 24 是在半导体器件 S、物镜 20 和 LSM 单元 12 的 XY 扫描仪 12f 之间引导光的 LSM 单元用光学系统。LSM 单元用光学系统 24 具有：从半导体器件 S 将经由物镜 20 射入的光的一部分反射的光束分离器 24a、将以光束分离器 24a 反射的光的光路向 LSM 单元 12 的光路变换的镜 24b，和将以镜 24b 反射的光聚光的透镜 24c。

在这样的构成中，从激光源（未图标）经由激光导入用光纤 12a 射出后的红外激光，通过透镜 12b、光束分离器 12e、XY 扫描仪 12f、光学系统 24 和物镜 20 向半导体器件 S 照射，并向半导体器件 S 内射入。

对于该射入光，来自半导体器件 S 的反射散乱光反映设置于半导体器件 S 的器件面上的电路图案。来自半导体器件 S 的反射光与射入光通过相反的光路到达光束分离器 12e，穿透光束分离器 12e。而且，穿透光束分离器 12e 后的光，经由透镜 12d 向检测用光纤 12c 射入，并通过连接于检测用光纤 12c 的光检测器检测。

如上所述，经由检测用光纤 12c 由光检测器检测的光的强度，成为反映设置于半导体器件 S 的电路图案的强度。因此，通过 XY 扫描仪 12f 使红外激光在半导体器件 S 上进行 X-Y 扫描，可明显地拍摄半导体器件 S 的电路图案等的图像。

观察部 A 上还设置有 SIL3。SIL3 对于高灵敏度照相机 10、LSM 单元 12、光学系统 22、24、物镜 20 和载置在载物台 18 上的半导体器件 S，构成为在上述插入位置与待机位置之间可移动。此外，对于 SIL3，设置有 SIL 驱动部 30。SIL 驱动部 30 由用于支撑 SIL3 的 SIL 支持器所连结的 SIL 移动装置（SIL 控制器）构成，使 SIL3 在 X、Y 方向和 Z 方向移动的 XYZ 驱动机构。

对于进行用于检查半导体器件 S 的观察等的观察部 A，设置有控制部 B 和解析部 C。而且，在图 13、图 14 中，对解析部 C 省略图示。

控制部 B 具有：照相机控制部 51a、LSM 控制部 51b、OBIRCH 控制部 51c、载物台控制部 52、SIL 控制部 53 和物镜控制部 54。其中，对于载物台控制部 52、SIL 控制部 53、和物镜控制部 54，也包含以两个控制模式下调焦和像差修正的控制，关于图 1 如上述所述。此外，照相机控制部 51a、LSM 控制部 51b 和 OBIRCH 控制部 51c，相当于图 1 所示的构成中的观察控制部 51。

照相机控制部 51a 和 LSM 控制部 51b 分别通过控制高灵敏度照相机 10 和 LSM 单元 12 的动作，从而控制在观察部 A 中进行的半导体器件 S 的图像的取得。此外，OBIRCH 控制部 51c 用于取得半导体器件 S 的检查所使用的 OBIRCH（Optical Beam Induced Resistance Change）图像，当扫描激光时用于抽取产生的半导体器件 S 的电流变化。

解析部 C 如图 1 所示，具有图像解析部 61 和指示部 62，例如由计算机等构成。来自照相机控制部 51a 和 LSM 控制部 51b 的图像信息，经由解析部 C 的计算机所具备的图像输入板输入。

对于使用图 13 和图 14 所示的半导体检查装置的半导体检查方法概略地说明（参照图 4 和图 5）。首先，通过将 SIL3 配置于待机位置的通常模式，在第一修正条件已调焦和像差修正的观测条件下进行半导体器件 S 的观察（S200）。具体而言，通过 LSM 单元 12 扫描半导体器件 S，取得其图案图像。此外，取得检测半导体器件 S 的异常部位的所使用的异常观察图像。作为该异常观察图像，使用通过 OBIRCH 控制部 51c 取得的 OBIRCH 图像，或通过照相机 10 取得的发光图像等。对于这些图案图像和异常观察图像，根据需要进行各图像的重叠，和向显示装置 63 显示等。此外，使用取得的图像，调查半导体器件 S 的

异常部位，将检测的异常部位作为检查位置，使检查位置位于可视范围中央来设定 XYZ 载物台 15 等。

其次，通过将 SIL3 配置于与半导体器件 S 的检查位置对应的插入位置的 SIL 模式，在第二修正条件已调焦和像差修正的观察条件下进行半导体器件 S 的观察（S300）。这里，经由配置于半导体器件 S 上的 SIL3 和物镜等 20 等，取得放大的图案图像、OBIRCH 图像、发光图像等图像。此外，根据需要进行各图像的重叠、进行向显示装置 63 的显示等。而且，当取得发光图像时，配合通过 SIL3 产生的色像差量，使载物台等适当地移动，以软件配合倍率，进行图像的重叠。

在图 13 和图 14 所示的半导体检查装置中，对作为 SIL 驱动部 30 所使用的固态浸没透镜移动装置（SIL 移动装置）的具体例进行说明。图 15 是从上方看 SIL 移动装置，即 SIL 控制器和物镜的一个实施方式的斜视图。

SIL3 由 SIL 支持器 5 支撑。图 15 所示的 SIL 控制器 30A（SIL 驱动部 30）处于在三维方向上驱动支撑在该 SIL 支持器 5 上的状态的 SIL3，是使其在包含向着物镜 20 的光轴且连接在半导体器件 S 的插入位置与偏离光轴的待机位置之间移动的 SIL 移动装置。此外，本构成例的 SIL 控制器 30A，进而构成为可向用于交换支撑在 SIL 支持器 5 上的 SIL3 的交换位置移动。

具体而言，SIL 控制器 30A 具有：安装有 SIL 支持器 5 的第一腕部件 71、使该第一腕部件 71 在 X-Y 平面（水平面）内转动的第一腕部件转动源 72、保持第一腕部件转动源 72 的第二腕部件 73、使该第二腕部件 73 在 X-Y 平面内转动的第二腕部件转动源 74。进而，SIL 控制器 30A 具有在垂行于 X-Y 平面的 Z 方向上使第二腕部件转动源 74 移动的 Z 方向移动源 75，以该 Z 方向移动源 75 作为基端侧，并以移动的第一腕部件 71 作为终端侧。

Z 方向移动源 75 例如通过进给螺丝等，由移动轴在 Z 方向移动的 Z 轴马达等构成，隔着支撑部 76 安装在检查装置主体侧的显微镜部分。该支撑部 76 在装置主体例如以栓等设置成可装卸，在卸下 SIL 控制器 30A 并进行观察的情况下，或设置其它 SIL 移动装置并观察的情况等很方便。此外，在 Z 方向移动源 75 的移动轴上，隔着支撑部 77 连结

有第二腕部件转动源 74。该第二腕部件转动源 74 由输出轴可在正反方向上转动（在规定范围内转动即可）的转动轴的马达等构成，并通过 Z 方向移动源 75 的驱动在 Z 方向上移动。

在第二腕部件转动源 74 的转动轴上，连结有第二腕部件 73 的一端。该第二腕部件 73 如图 15 所示构成为弯曲状，使第二腕部件 73 容易从半导体器件 S 的观察位置的可视范围（物镜 20 的可视范围）远离。在该第二腕部件 73 的另一端固定有第一腕部件转动源 72。该第一腕部件转动源 72 由输出轴可在正反方向上转动（在规定范围内转动即可）的转动轴的马达等构成。

这样，第一腕部件转动源 72 的转动轴和第二腕部件转动源 74 的转动轴是位于不同轴。而且，第一腕部件转动源 72 通过第二腕部件转动源 74 的驱动，将第二腕部件转动源 74 的转动轴作为支点与第二腕部件 73 一起在 X-Y 平面内转动。此外，在第一腕部件转动源 72 的转动轴上连结有上述第一腕部件 71 的另一端。该第一腕部件 71 通过第一腕部件转动源 72 的驱动，以第一腕部件转动源 72 的转动轴作为支点在 X-Y 平面内转动。

根据以上的构成，连结于第一腕部件 71 一端的 SIL 支持器 5 所支撑的 SIL3，通过第一腕部件转动源 72、第二腕部件转动源 74 的驱动，在 X-Y 平面内，在合成各种转动方向的合成方向上移动。此外，SIL3 通过 Z 方向移动源 75 的驱动在 Z 方向移动。而且，其结果，在三维方向的各规定位置上，SIL3 自由地移动。图 16～图 18 是分别表示 SIL 控制器 30A 和物镜 20 的底视图，图 16 表示将 SIL3 配置于待机位置的状态，图 17 表示将 SIL3 配置于插入位置的状态，此外，图 18 表示将 SIL3 配置于交换位置的状态。

此外，在图 15 所示的 SIL 控制器 30A 中，设置有对 SIL3 供给光学连接液的光结合材料供给管 85，和用于供给干燥气体的气体供给管 95。它们在将 SIL3 配置于插入位置，对半导体器件 S 光学连接时使用。

说明用于支撑 SIL3 的 SIL 支持器 5。图 19 是表示图 15 所示的 SIL 控制部中的 SIL 支持器的构成斜视图。此外，图 20 是表示 SIL 支持器的（a）待机位置的状态，和（b）插入位置的状态的纵剖面图。

SIL 支持器 5 如图 19 所示，具备：构成为大致圆筒状、支撑 SIL3

的支持器 6，和保持该支持器 6 的腕部 7。该 SIL 支持器 5 由于与光学连接液有接触，所以由除高耐腐蚀性例如不锈钢、铝等金属之外，以容易配合透镜形状成形加工的树脂例如丙烯或 PET、聚乙烯、聚碳酸酯等形成。

支持器 6 如图 20 (a) 和 (b) 所示，具备：保持 SIL3 的第一支持器 8，和用于支撑该第一支持器 8 的第二支持器 9。这些第一支持器 8 和第二支持器 9 构成为大致圆筒状，而不妨碍半导体器件 S 的光路。

第一支持器 8 具有在其上部的外周面向外突出的环状凸缘部 8a，同时在其底面具有向着内侧的环状凸缘部 8b。而且，在通过形成于环状凸缘部 8b 的内周的开口，在 SIL3 的底面突出于下方的状态下，使 SIL3 在第一支持器 8 例如以粘接剂等固定保持。第二支持器 9 具有在其底面向着内侧的环状凸缘部 9a。而且，在通过形成于环状凸缘部 9a 的内周的开口 9b，在第一支持器 8 的下部突出于下方的状态下，使第一支持器 8 的环状凸缘部 8a 载置在第二支持器 9 的环状凸缘部 9a 上，并使第一支持器 8 和 SIL3 在自重方向上支撑在第二支持器 9 上。

这里，以第一支持器 8 的下部的外径为 A，以第一支持器 8 的环状凸缘部 8a 的外径为 B，以第二支持器 9 的开口 9b 的内径为 C，则由于设定 $A < C < B$ 的关系，所以第一支持器 8 对于第二支持器 9 成为自由的状态，同时防止第一支持器 8 从第二支持器 9 向下方脱离。

此外，第二支持器 9 在其上部的开口 9c，具备有外罩 11，用于防止例如通过嵌合或螺合等安装的 SIL3 的脱落。该外罩 11 与第一支持器 8 和第二支持器 9 同样构成为大致圆筒状，以外罩 11 的内径为 D 时，设定为 $D < B$ 的关系。因此，通过该外罩 11 不会妨碍对半导体器件 S 光路，且防止保持 SIL3 的第一支持器 8 通过第二支持器 9 的上部的开口 9c 跳出等的脱离并防止 SIL 的失落。

此外，腕部 7 是将圆棒弯曲成大致 L 字状，从第二支持器 9 延伸到外方，其一端朝向上方，同时其另一端在第二支持器 9 的侧部固定。在该腕部 7 的一端，将以管的侧面的一部分作为平坦面的节点部 7a，作为腕部 7 和支持器 6 的节点，例如通过嵌合等固定。而且，腕部 7 形成大致 L 字状且构成为其一端在上方延伸，但也可在构成为在 X-Y 平面内延伸。此外，用于构成该 SIL 支持器 5 的腕部 7 如图 15 所示，

在 SIL 控制器 30A 的第一腕部件 71 的一端可装卸地连结。

在具有以上构成的 SIL 支持器 5 和 SIL 控制器 30A 中,在图 16 所示的待机位置的状态下,腕部件 71、73 重叠,而 SIL3 和腕部件 71、73 在物镜 20 的可视范围外。此时,用于保持 SIL3 的第一支持器 8 如图 20 (a) 所示,其环状凸缘部 8a 载置在第二支持器 9 的环状凸缘部 9a 上,且第一支持器 8 和 SIL3 处于在自重方向上支撑在第二支持器 9 上的状态。

在将 SIL3 从该待机位置向插入位置移动的情况下,首先,转动腕部件 71、73,如图 17 所示,将在待机位置的 SIL3 移动到半导体器件 S 和物镜 20 之间向着包含光轴的位置。此时,由于第二腕部件 73 构成弯曲状,所以第二腕部件 73 不会妨碍物镜 20 的可视范围而容易远离可视范围。

这样,将 SIL3 插入到可视范围内后,驱动 SIL 控制器 30A 的 Z 方向移动源 75 并降下 SIL3,使 SIL3 接近于观察位置后经由光结合材料供给管 85 供给光学连接液,将 SIL3 载置于观察位置并配置在连接位置(插入位置)。这样使 SIL3 对于半导体器件 S 载置在插入位置,则如图 20 (b) 所示,通过第二支持器 9 使支撑在自重方向的 SIL3 和第一支持器 8 由于半导体器件 S 而成为举起的状态。进而,在该状态下对 SIL3 的位置等进行微调等。而且,此时作为光结合材料,最好使用指标微调油(index matching oil)等折射率匹配流体,和含有两性分子的光学连接液。

这里,SIL3 和第一支持器 8 在通过半导体器件 S 举起的状态下,对第二支持器 9 形成为自由的状态,所以在半导体器件 S 的观察位置,仅使 SIL3 和第一支持器 8 的自重产生作用。由此,不会增加过度的压力,同时使 SIL3 与观察位置适当地连接。进而,经由气体供给管 95 供给气体,使光学连接液干燥,可使 SIL3 迅速地在半导体器件 S 的观察位置确实地连接。

此外,在交换 SIL3 的情况下,驱动 SIL 控制器 30A 的第一腕部件转动源 72 并转动第一腕部件 71,将 SIL3 从待机位置移动到图 18 所示的交换位置并将连结部从接近第二腕部件 73 的下方大幅度地突出到外侧,交换包含腕部 7 在内的 SIL 支持器 5。由此,对于 SIL 支持器 5

的腕部 7 的第一腕部件 71 形成为易于装卸，同时为交换包含腕部 7 在内的 SIL 支持器 5，不用直接处理微小的 SIL3 而较容易地交换透镜。

本发明的显微镜和试料观察方法不限于上述实施方式和构成例，可作各种变形。例如，在上述的半导体检查装置中，对于图像取得部 1、光学系统 2、检查部 16 等的具体的构成，和用于检查半导体器件 S 的具体的检查方法等，图 13 和图 14 表示其构成的一例，除此之外还可以使用各种构成和检查方法。此外，在对半导体器件等各种装置仅进行观察的情况下，可以不设置检查部 16 而作为装置观察装置构成。此外，对于图像取得部 1，若操作者不要直接观察图像的情况等，则也可以不设置。此外，对于驱动 SIL3 的 SIL 驱动部 30，除图 15 所示的 SIL 控制器 30A 之外也可使用各种控制部。此外，用于获得 SIL 与基板的光学连接的上述光结合材料的使用是其一例，除此之外，也可通过将 SIL 向基板侧推压得到渐消（evanescent）耦合。

此外，在上述实施方式中，对以半导体器件作为观察对象的半导体检查装置和半导体检查方法进行了说明，但本发明在将半导体器件以外作为观察对象的试料的情况下，也可适用于在规定的观察面上通过试料进行观察所使用的显微镜和试料观察方法。由此，在试料观察中，可容易地进行观察试料的微细构造等。作为这种情况的试料，例如，可例举上述半导体器件和液晶装置等各种装置，或使用显微镜标本的生物相关的样品等。

此外，对于使用于修正表的 SIL 的光学参数的输入，如上所述，除将参数值个别地进行输入之外，也可使用准备有对应于 SIL 型号的参数设定的构成，或将存储有参数值的 IC 芯片等的存储介质设置在 SIL 中，在使用时读取数据的构成等。

例如，SIL 的光学参数的输入是在 SIL、SIL 支持器或安装于臂的半导体器件/磁性装置等的存储介质，可使用存储有 SIL 型号、连续号码、曲率半径、厚度、折射率等的参数的构成。在这种情况下作为数据的读取方法，有通过电波接收、通过臂和控制部经过电接触的接收等方法。此外，在 SIL 支持器上写入到条型码等，也可以通过以图像辨识读取数据。

或者，在 SIL 支持器中，可使用可以肉眼或图像各自识别的附有

记号的构成。通过这样的记号的 SIL 识别方法，有使用线颜色和条数、点颜色和数目、支持器本身的颜色、连续号码等的识别方法。此外，在这种情况下，可使用通过记号判别 SIL 的 ID，并输入其连续号码，读取预先登记的曲率半径、厚度、折射率等参数的方法。对应于连续号码的这些参数数据通过挠性盘片等供给，预先读入到软件中的方法。

此外，在上述构成的显微镜中，通过固态浸没透镜驱动构件驱动 SIL，但这样的驱动装置若不要的话也可构成不设置。在这种情况下，控制物镜驱动构件的控制构件具有：在根据试料的折射率 n_0 、厚度 t_0 、固态浸没透镜的折射率 n_1 、厚度 d_1 和曲率半径 R_1 设定的修正条件下，以进行调焦和像差修正的 SIL 模式作为控制模式即可。

此外，在上述实施方式中，一般模式和 SIL 模式的两者分别进行调焦和像差修正，但对于仅使用物镜的一般模式，也可是不进行像差修正而仅进行调焦的构成。此外，一般模式中使用调焦表和像差修正表的情况下，也可仅使用调焦表。

此外，对于含有物镜 20 的光学系统 2，除上述构成之外也可使用各种构成。例如，在光学系统 2 中，作为物镜 20，也可使用设置有一般模式中用于观察试料的正常图像的第一物镜，和 SIL 模式中与 SIL3 一起用于观察试料的放大图像的第二物镜的构成。

作为这样构成的具体例，如图 13 所示，使多个物镜 20 由转换器设置为可切换的情况下，可考虑将其中之一的物镜作为一般模式用，在其它物镜上安装 SIL3，作为 SIL 模式用的构成。在这样的构成中，使切换物镜的转换器作为固态浸没透镜驱动构件发挥作用。此外，在这种情况下，对于一般模式用的物镜，若不要像差修正，则也可使用不设置修正环的透镜。

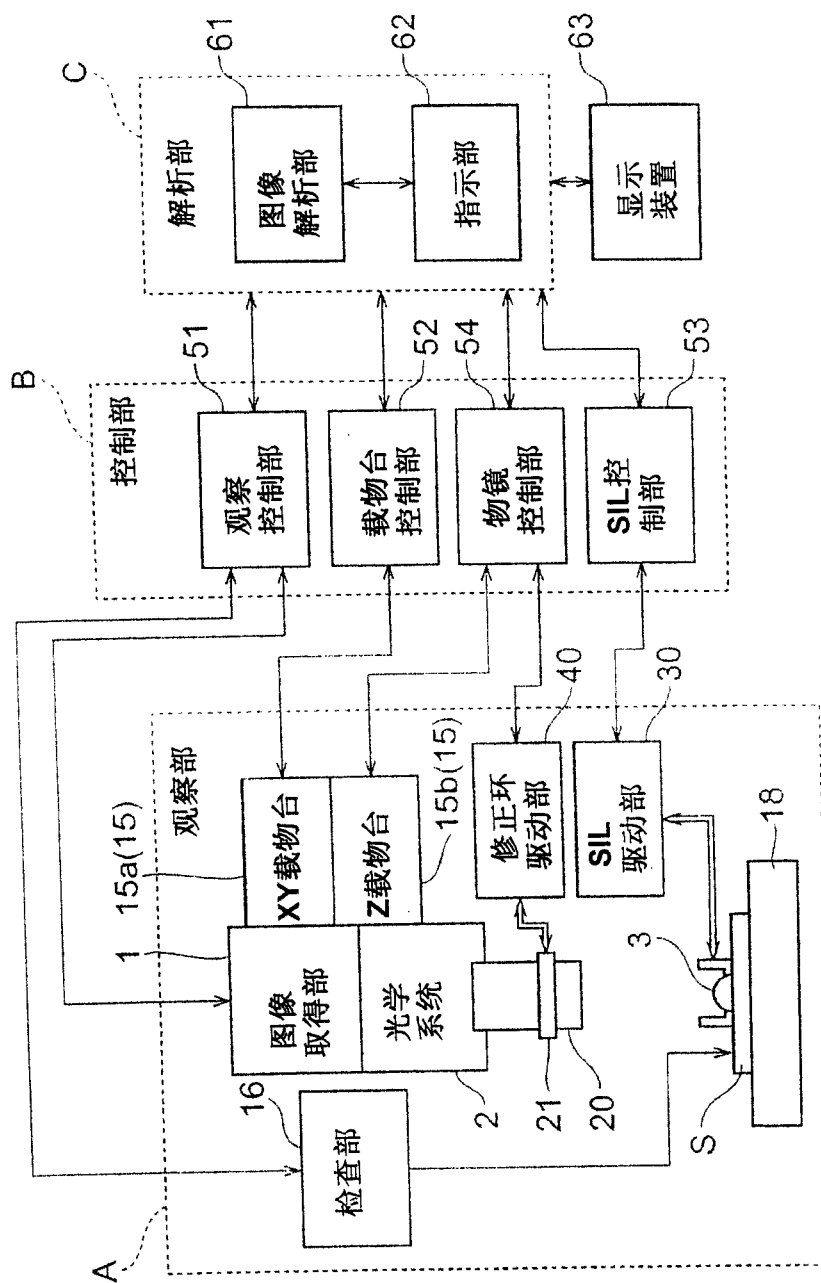
对于如上述以一般模式、SIL 模式使用另一个物镜的情况的试料观察方法的一例进行说明。首先，为了提高试料表面的连接性，通过洗净液和连接液进行处理之后，以通常物镜对作为观察试料的一般图像进行观察。此外，以通常物镜观察异常观察像（例如故障引起的光学信号像）。接着，将观察对象对准中心，提高通常物镜的倍率，同样地观察图案像、异常观察像。进而，物镜的倍率提高到 $20\times$ 左右以上，将观察对象位置对准中心。

其次，将光学系统从一次试料稍微分离，将物镜切换成 SIL 附物镜之后，使光学系统慢慢地接近试料。此时，在使 SIL 的前端接触试料的时刻使接触传感器呈 ON 状态，由 ON 位置移动到实际焦点位置。从 ON 位置到实际焦点位置的距离是预先确定。

进而，由 SIL 附物镜一边观察试料的图案像，一边来进行焦点的微调整之后，进行试料的放大图像，即图案像和异常观察像的观察。而且，当返回到一般图像的观察时，将光学系统从试料分离，将物镜切换成通常物镜之后，使光学系统返回到焦点位置即可。

产业上的可利用性

根据本发明的显微镜和试料观察方法，可利用于可容易地进行半导体器件的微细构造解析等需要的试料观察的显微镜和试料观察方法。



一
四

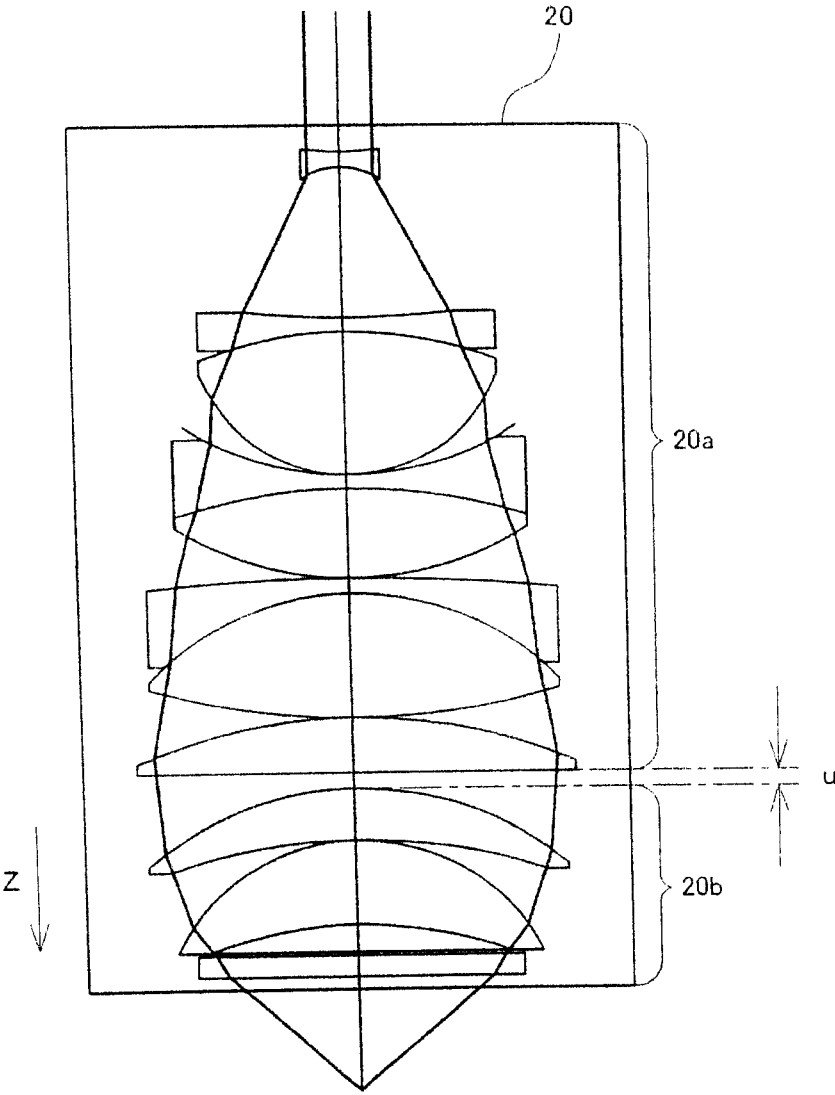


图2

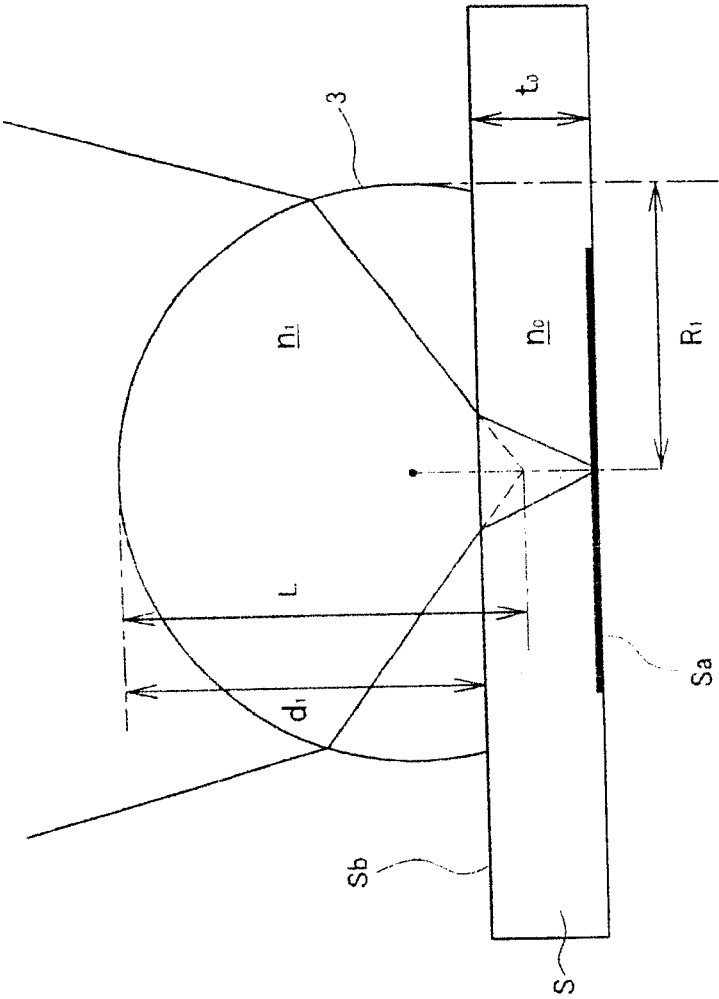


图3

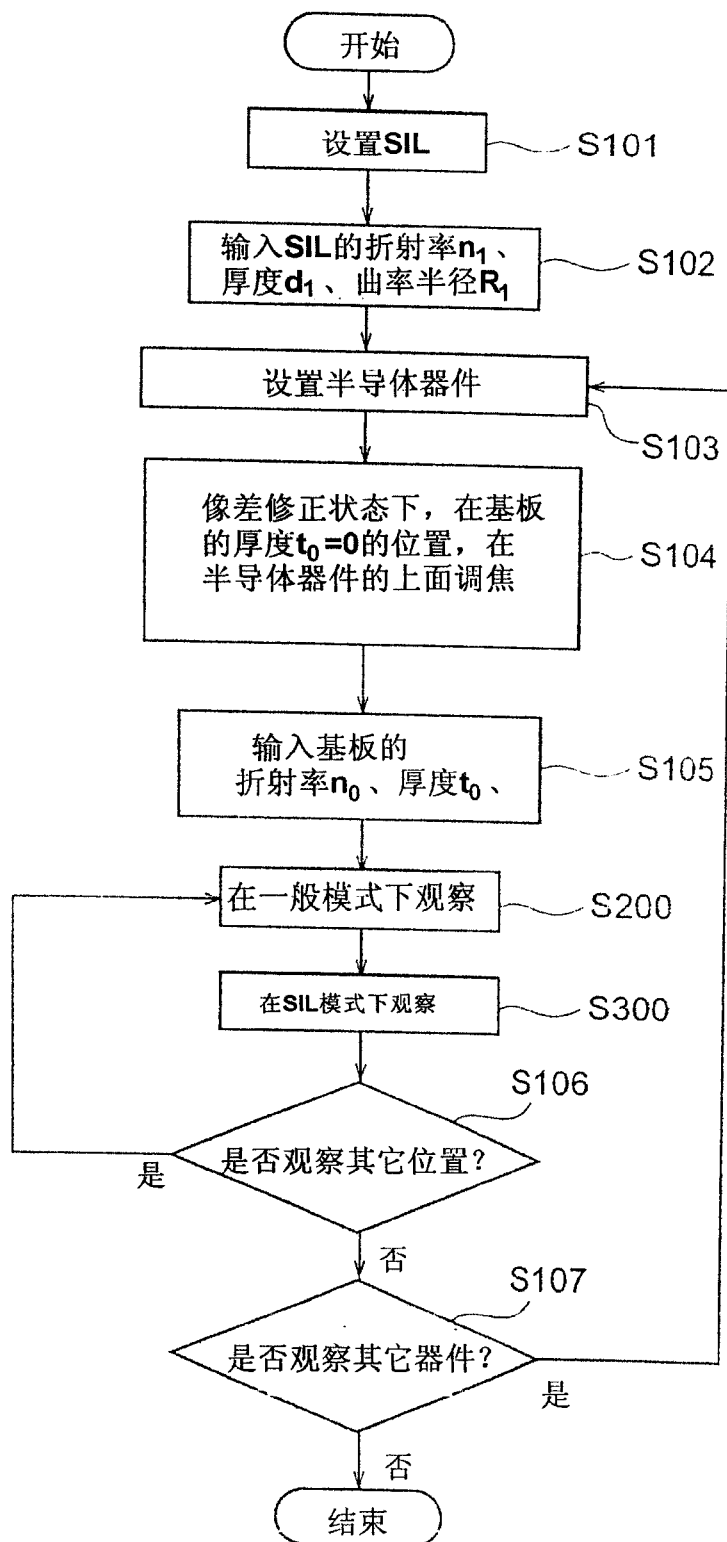


图4

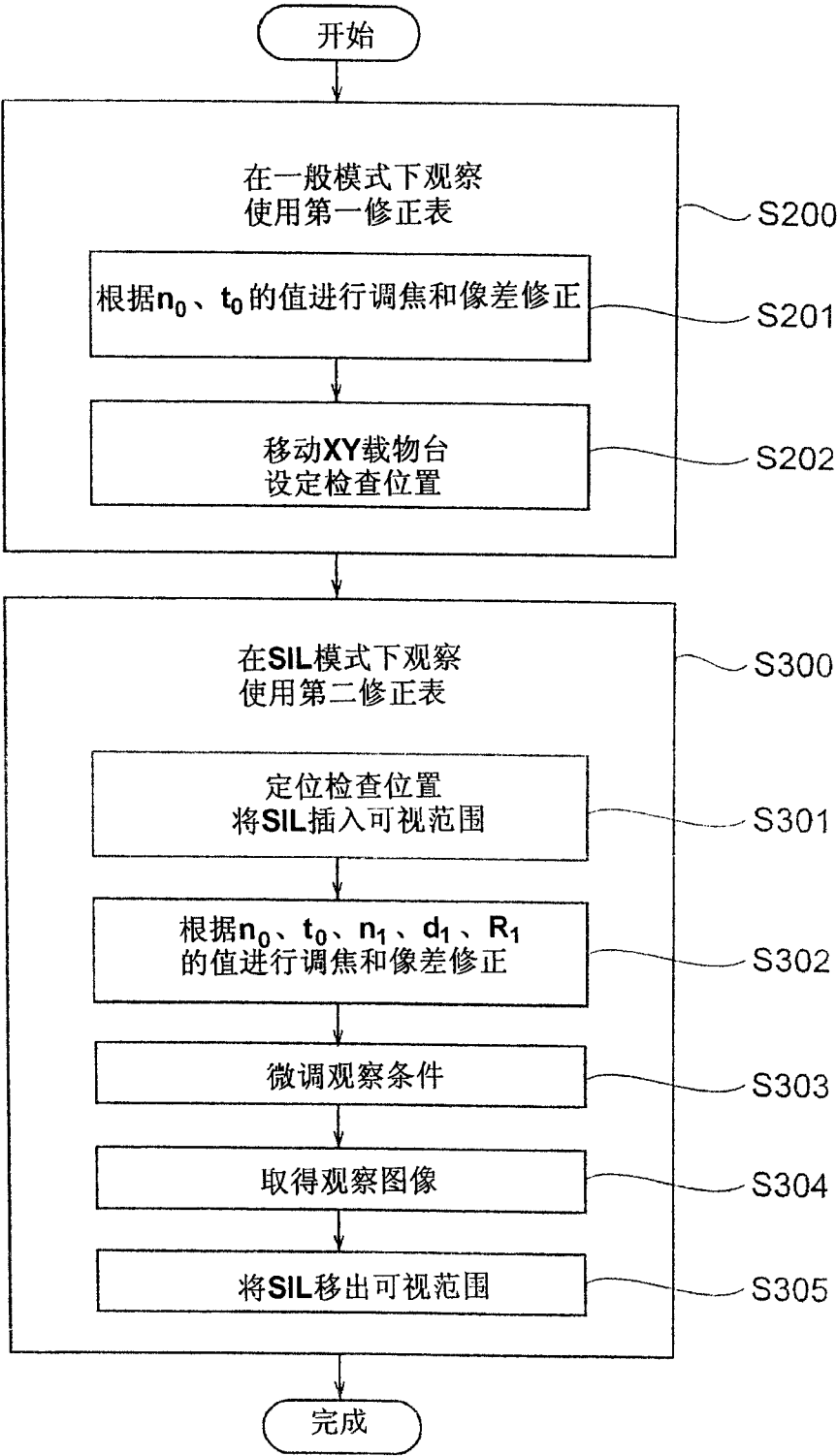
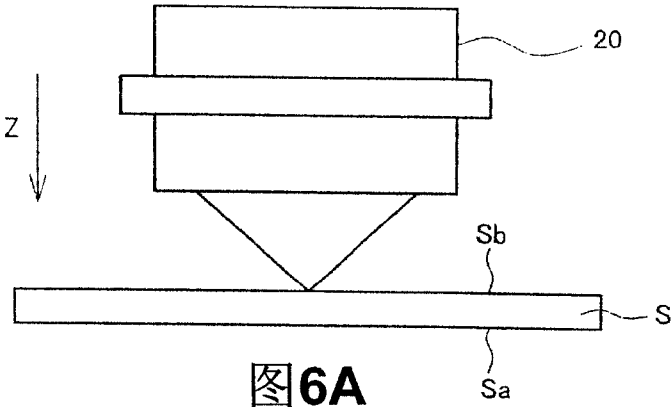
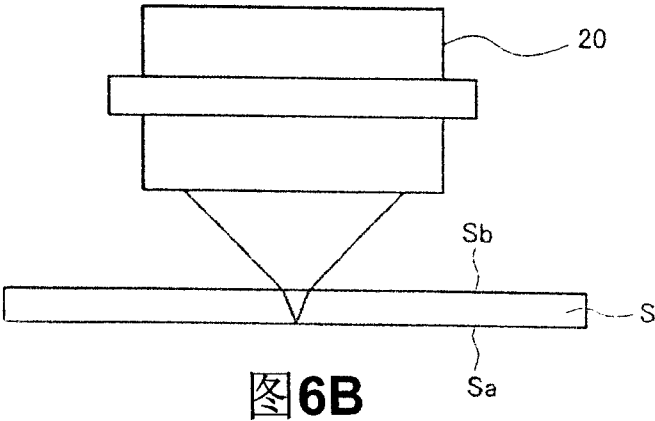
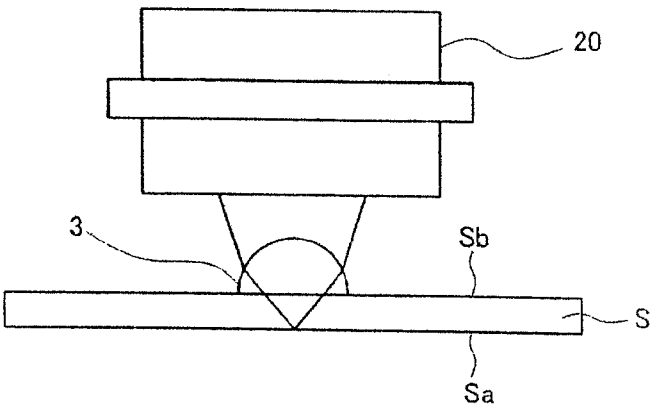


图5



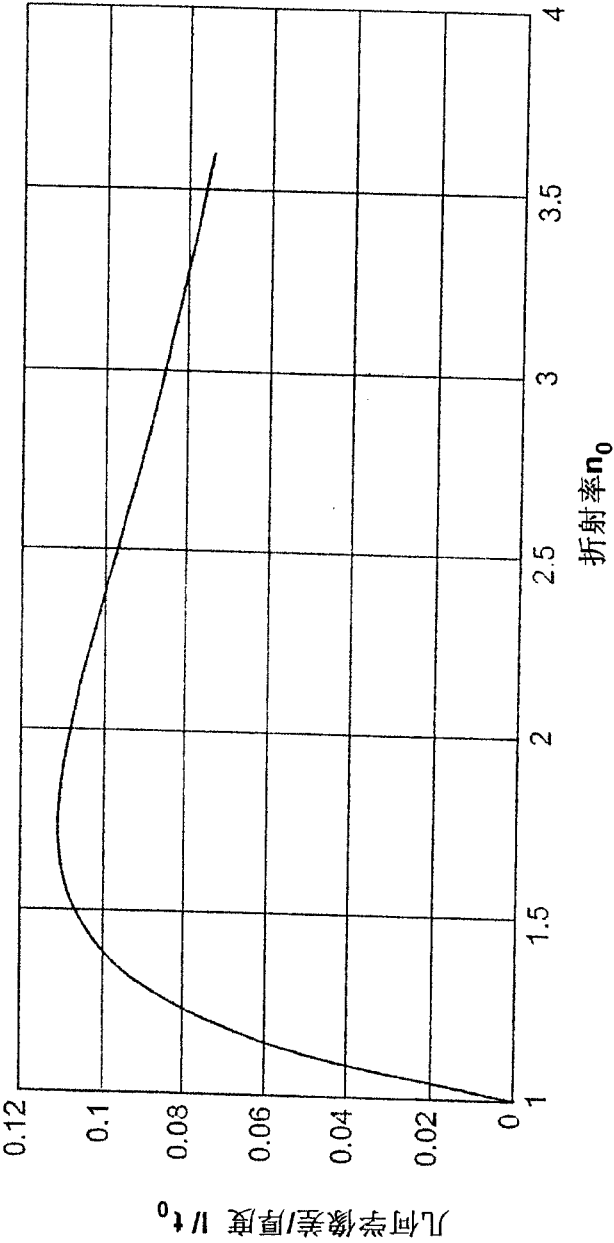


图7

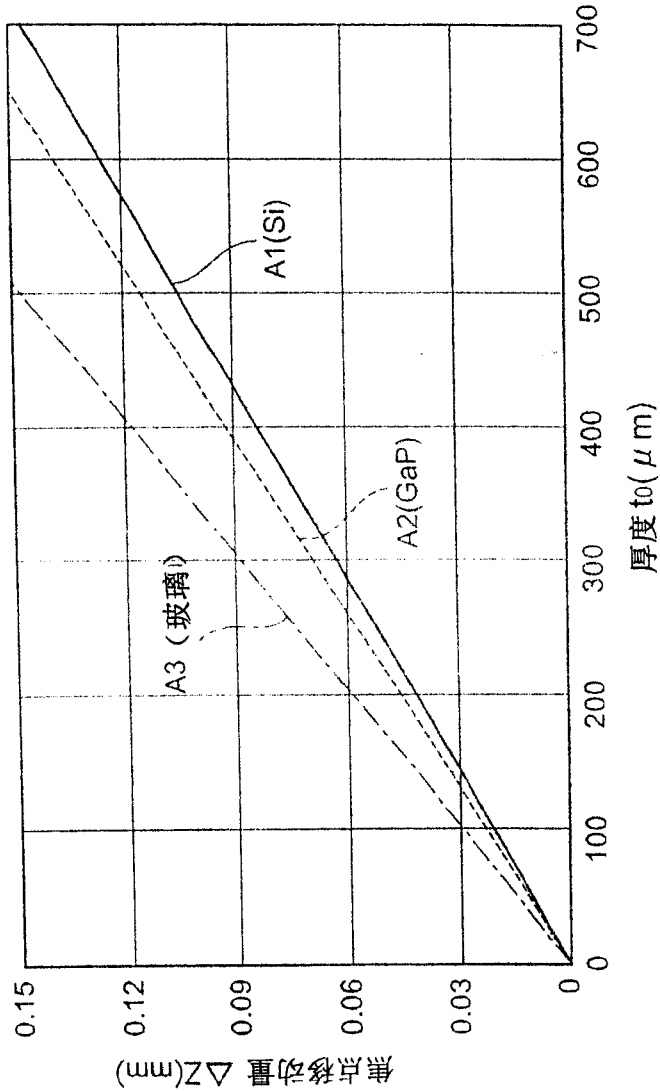


图8

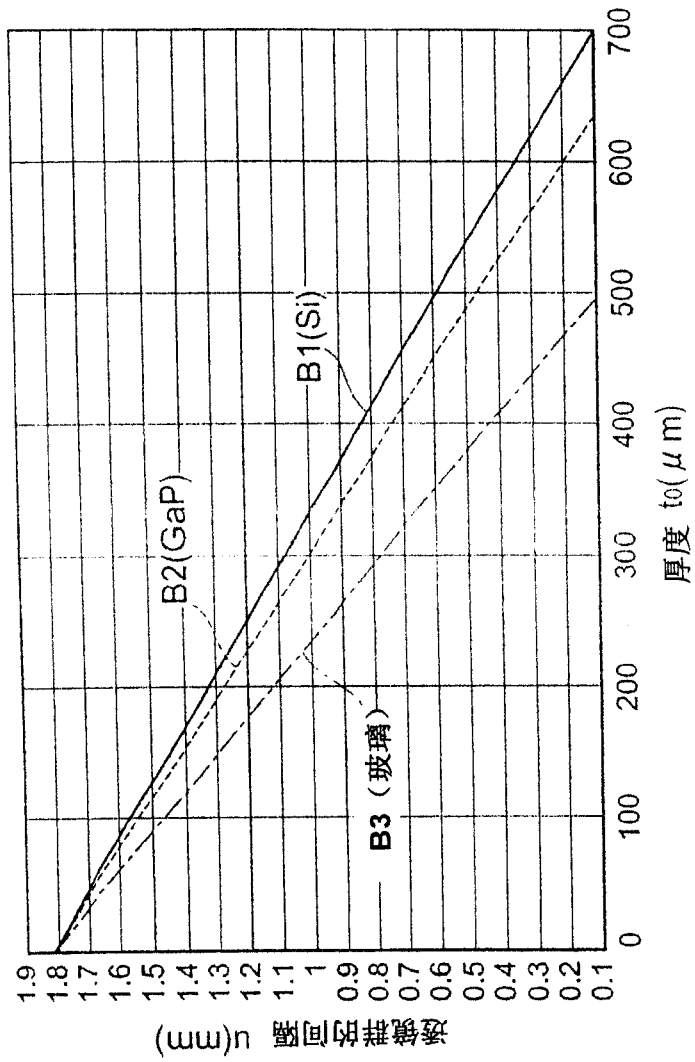


图9

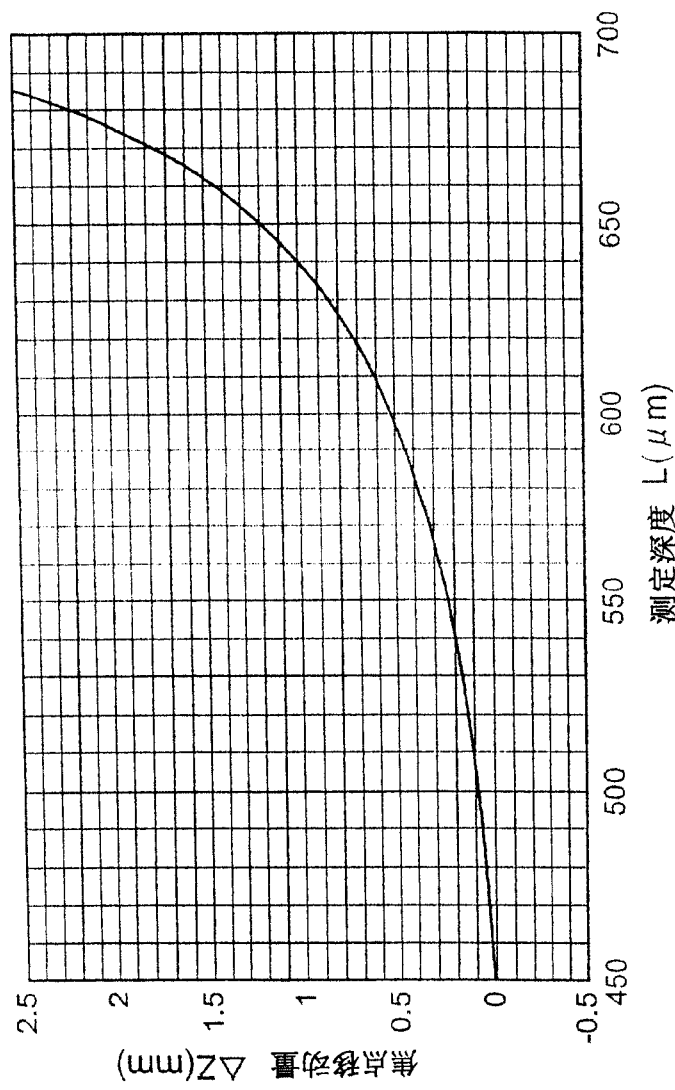


图10

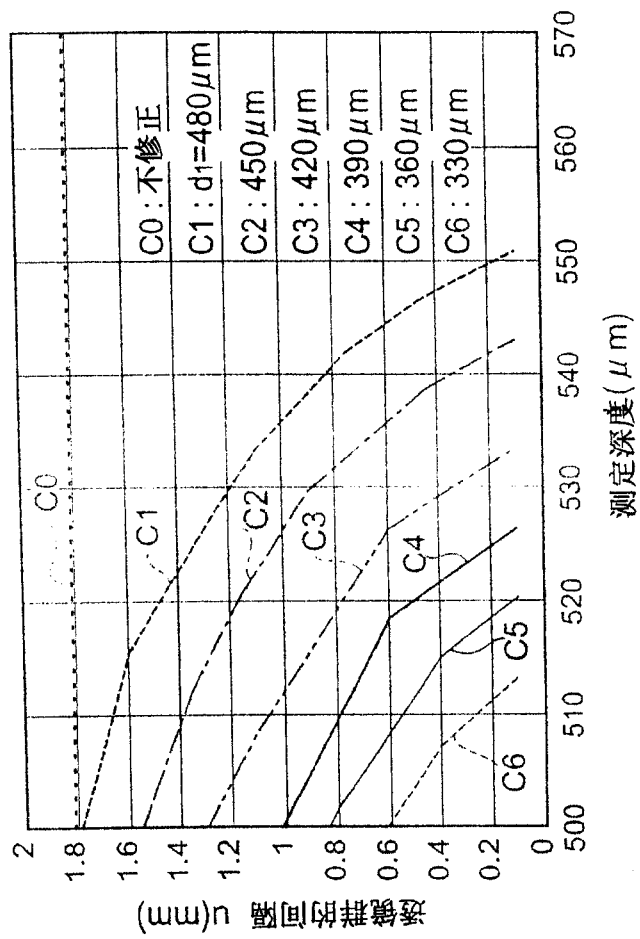


图11

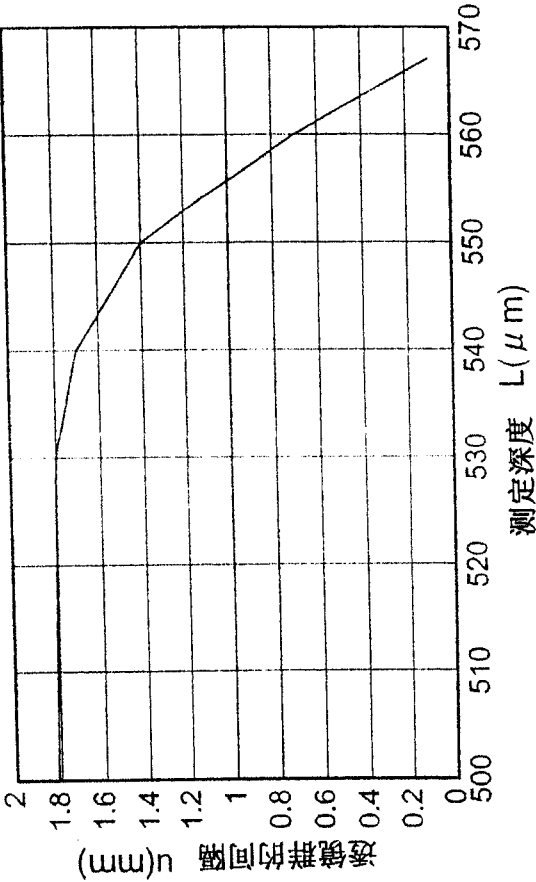


图12

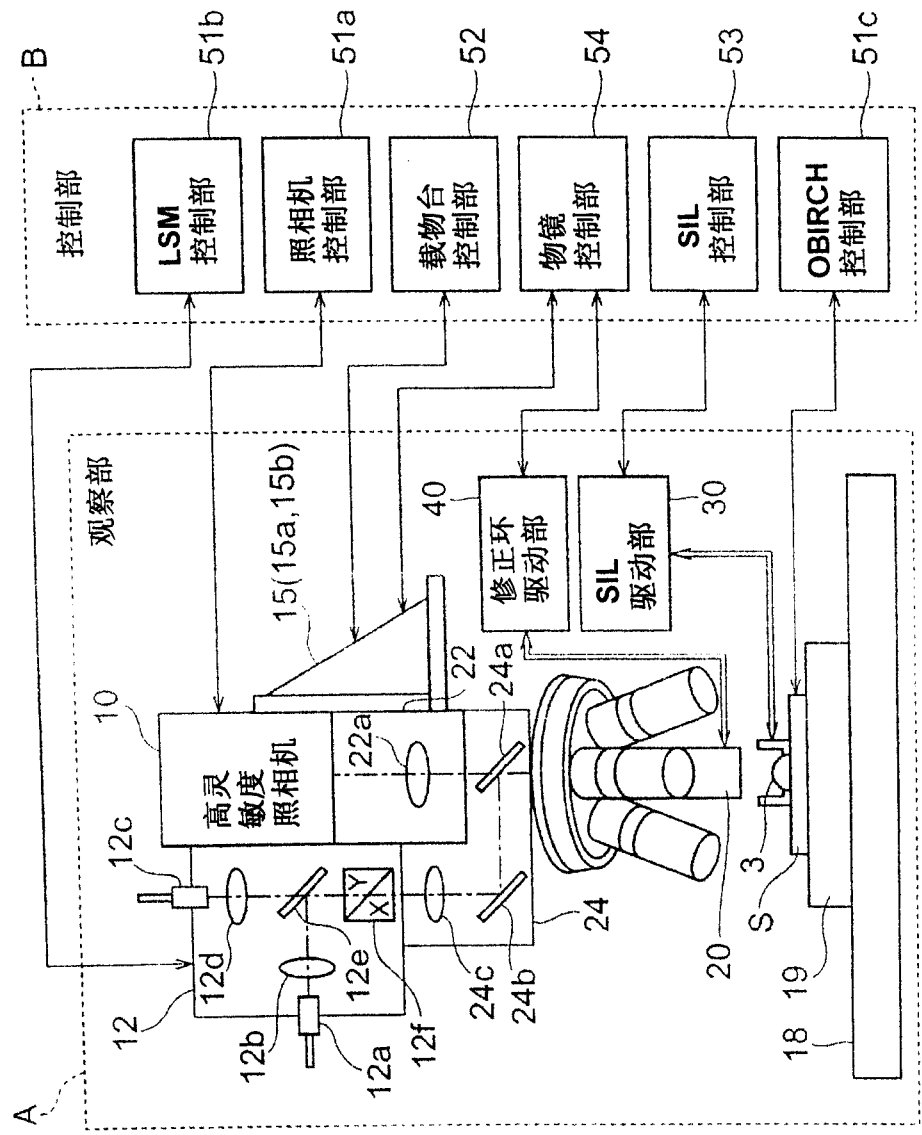


图13

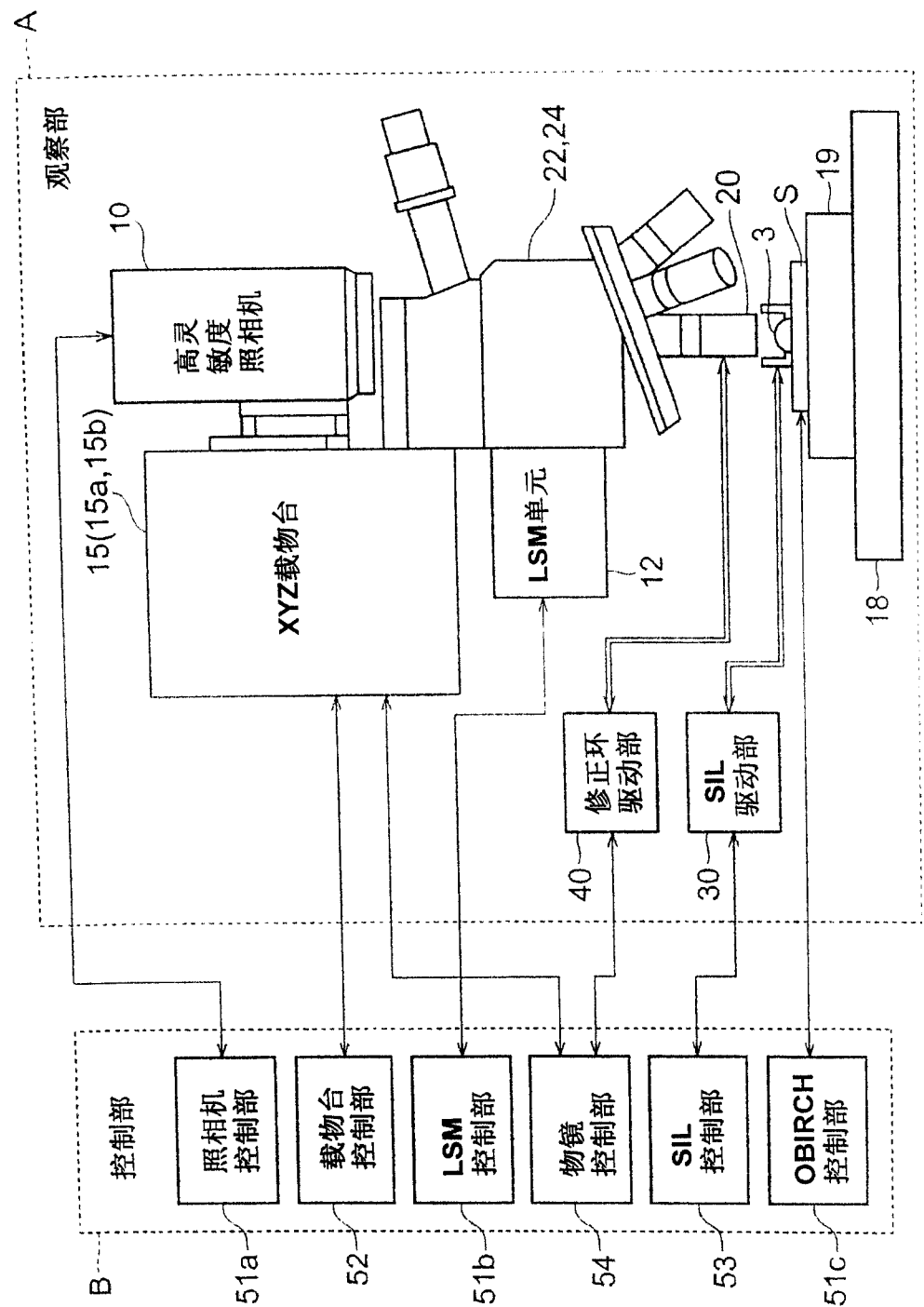


图14

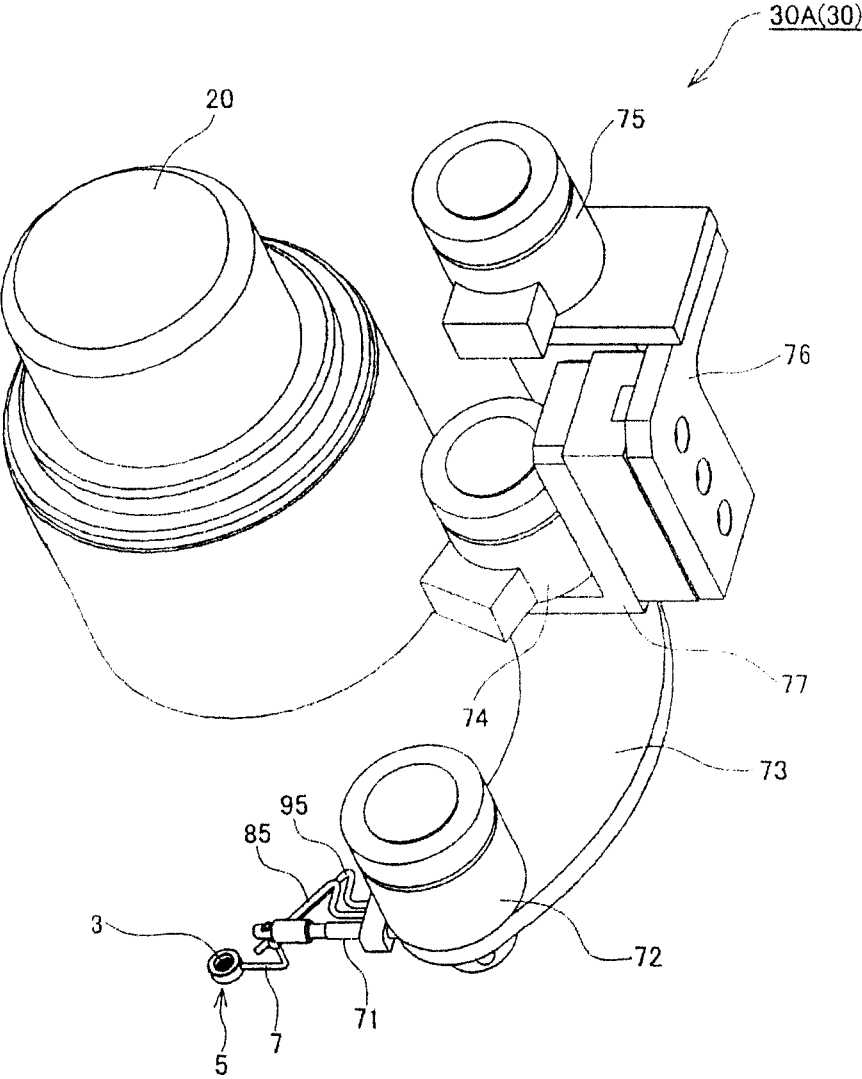


图15

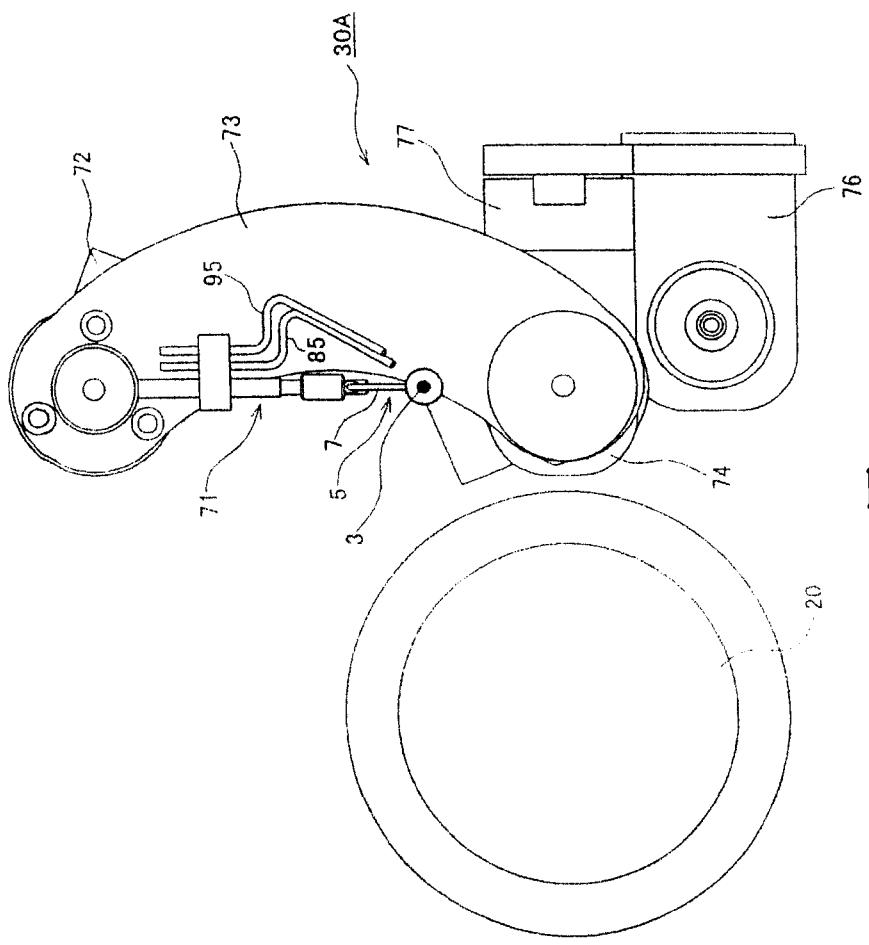


图16

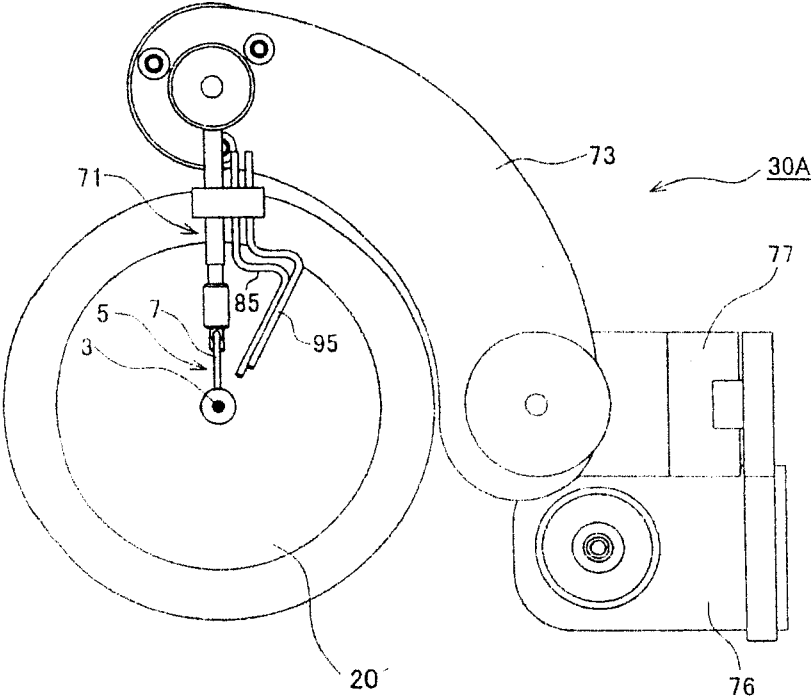


图17

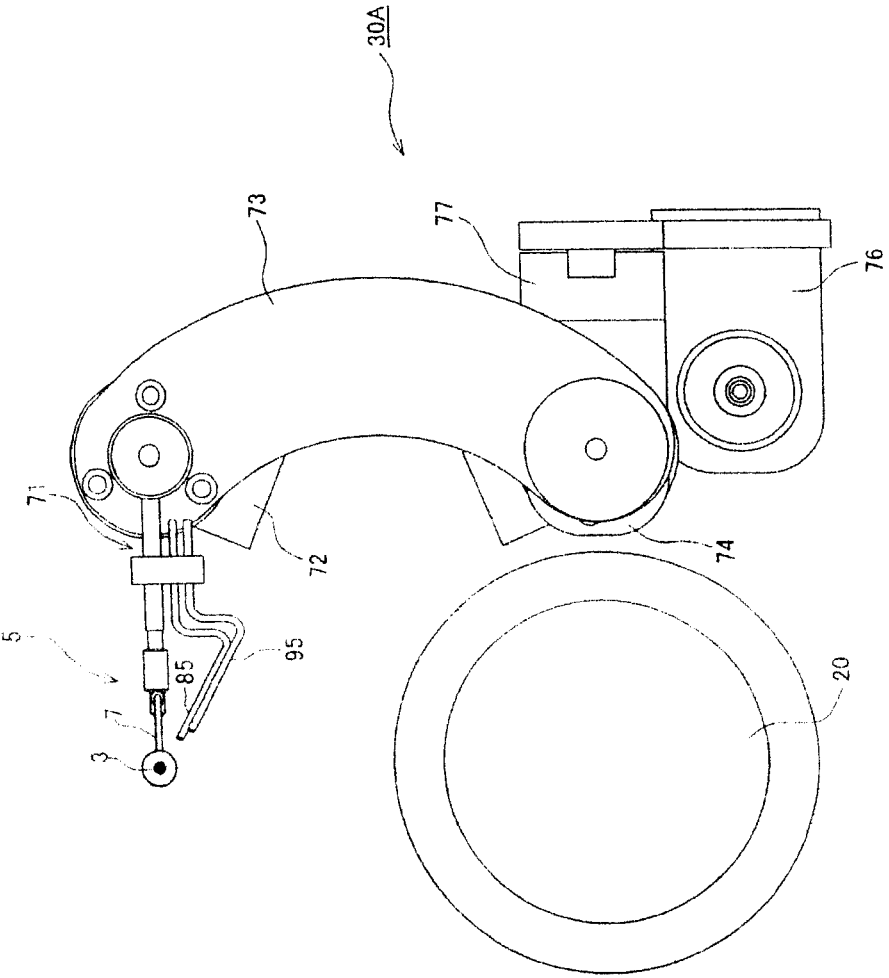


图18

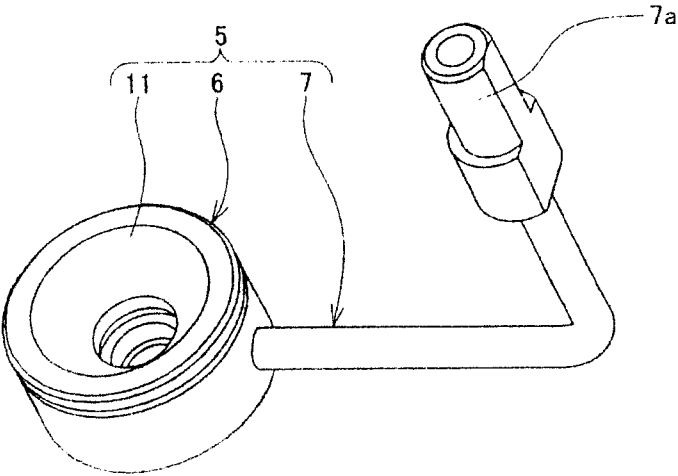


图19

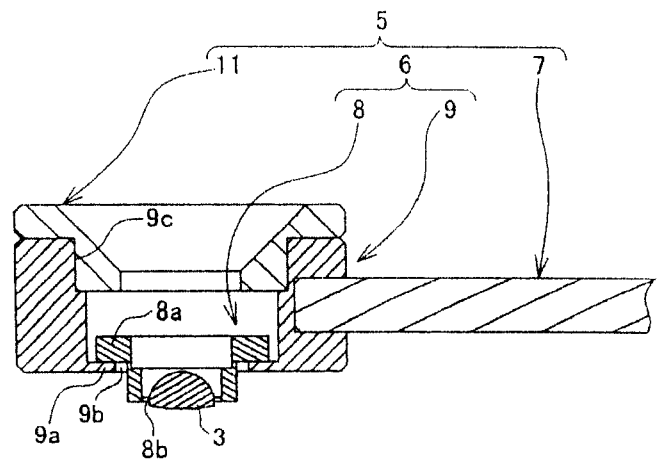


图20A

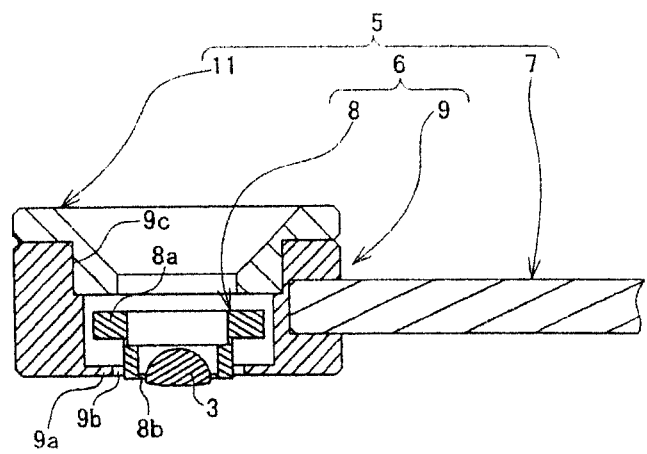


图20B