

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G03F 7/00

G03F 1/00 G03F 9/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01820435. X

[43] 公开日 2004 年 9 月 22 日

[11] 公开号 CN 1531668A

[22] 申请日 2001. 10. 12 [21] 申请号 01820435. X

[30] 优先权

[32] 2000. 10. 12 [33] US [31] 60/239,808

[86] 国际申请 PCT/US2001/042688 2001. 10. 12

[87] 国际公布 WO2002/067055 英 2002. 8. 29

[85] 进入国家阶段日期 2003. 6. 12

[71] 申请人 德克萨斯州大学系统董事会

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 崔炳镇 S·V·斯里尼瓦桑

T·贝利 M·科尔伯恩

C·G·威尔森 J·埃克尔特

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

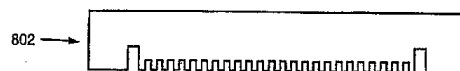
代理人 李家麟

权利要求书 16 页 说明书 37 页 附图 37 页

[54] 发明名称 用于室温下低压微刻痕和毫微刻痕光刻的模板

[57] 摘要

本发明公开刻痕光刻的模板、形成和使用该模板的方法，以及模板夹持器装置。一刻痕光刻模板可包括带有在本体表面上的多个下凹的本体。本体可以是对触发光基本透明的材料。多个下凹的至少一部分可形成具有特征尺寸约小于 250nm 的容貌。一模板可这样形成：获得基本上对于触发光透明的材料和在模板的表面上形成多个下凹。在某些实施例中，一模板还可包括至少一个对齐标志。在某些实施例中，一模板还可包括一间隙检测区域。一刻痕光刻模板可用来在衬底上的光致固化液体内形成一刻痕层。在使用过程中，模板可放置在一模板夹持器内。该模板夹持器可包括一帶有构造成接纳模板的开口的本体、一支承板，以及连接到本体上的至少一个压电致动器。在使用中，压电致动器可构造成改变模板的物理尺寸。



1. 一种刻痕光刻模板包括：
一包括有第一表面的本体；
在第一表面上的多个下凹，其中，下凹的至少一部分具有一约小于 250nm 的特征尺寸；以及
本体上的至少一个对齐标记；
其中，模板对于触发光基本上为透明的。
2. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，本体的至少一部分包括硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、蓝宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、石英，或其组合。
3. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，本体的至少一部分包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。
4. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，本体的至少一部分包括铟锡氧化物。
5. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，在第一表面上的多个下凹包括具有第一深度的第一下凹，以及具有第二深度的第二下凹，其中，第二深度大于第一深度。
6. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，在第一表面上的多个下凹可包括具有第一深度的第一下凹，以及具有第二深度的至少一第二下凹，其中，第二深度大于第一深度，且其中，第一深度小于 250nm。
7. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，本体还包括一与第一表面相对的第二表面，其中，第二表面包括至少一个已知深度的下凹。
8. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括一形成在本体的一部分内的流体限制结构。
9. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，多个下凹的至少一部分包括沿垂直于第一表面的方向而变化的宽度。
10. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，第一表面具有在 25℃ 下测得的约小于 40 达因/厘米的表面自由能。

11. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 第一表面具有在 25℃ 下测得的约小于 20 达因/厘米的表面自由能。

12. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线。

13. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线, 且其中, 分析光包括可见光。

14. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线, 且其中, 分析光包括红外线光。

15. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志包括蚀刻在本体表面上的多条线。

16. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志包括蚀刻在本体表面上的多条线, 其中, 这些线构造成大致地漫射触发的光, 且其中, 这些线构造成产生一在分析光下的可分析的标志。

17. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志包括 SiO_x , 其中, x 小于 2。

18. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志包括 SiO_x , 其中, x 约为 1.5。

19. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 第一表面包括一刻痕区域和一截面区域, 且其中, 多个下凹的至少一部分形成在刻痕区域上的一图形。

20. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层。

21. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层包括烷基硅烷、氟烷基硅烷, 或氟烷基三氯硅烷与水的反应产物。

22. 如权利要求 1 所述的模板, 其特征在于, 还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层包括十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷与水的反应产物。

23. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层减少在 25℃ 下测得的约小于 40 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

24. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层减少在 25℃ 下测得的约小于 20 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

25. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括在本体的至少一个边缘上的导电涂层。

26. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括在本体的至少一个边缘上的反射涂层。

27. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括连接在本体的至少一个边缘上的镜面。

28. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括形成在本体的一部分上的间隙检测区域。

29. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，触发光包括紫外线光。

30. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括连接在本体的一模板坯，其中，模板坯基本上透明于触发光。

31. 如权利要求 1 所述的模板，其特征在于，还包括用粘结剂粘结在本体的一模板坯，其中，模板坯和粘结剂基本上透明于触发光。

32. 一使用如权利要求 1 所述的刻痕光刻模板形成的器件。

33. 一种刻痕光刻模板，包括：

一包括有一第一表面的本体；

在第一表面上的多个下凹，其中，下凹的至少一部分具有一约小于 250nm 的特征尺寸；以及

至少一个间隙检测区域包括在第一表面或在第二表面上的已知深度的一下凹；

其中，模板对于触发光基本上为透明的。

34. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，间隙检测区域具有约大于 100nm 的深度。

35. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 本体的至少一部分包括硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、兰宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、晶体, 或其组合。

36. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 本体的至少一部分包括 SiO_x , 其中, x 小于 2。

37. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 本体的至少一部分包括铟锡氧化物。

38. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 在第一表面上的多个下凹包括具有第一深度的第一下凹, 以及具有第二深度的第二下凹, 其中, 第二深度大于第一深度。

39. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 在第一表面上的多个下凹可包括具有第一深度的第一下凹, 以及具有第二深度的至少一第二下凹, 其中, 第二深度大于第一深度, 且其中, 第一深度小于 250nm。

40. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 还包括一形成在本体的一部分内的流体限制结构。

41. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 多个下凹的至少一部分包括沿垂直于第一表面的方向而变化的宽度。

42. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 第一表面具有在 25°C 下测得的约小于 40 达因/厘米的表面自由能。

43. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 第一表面具有在 25°C 下测得的约小于 20 达因/厘米的表面自由能。

44. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线。

45. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线, 且其中, 分析光包括可见光。

46. 如权利要求 33 所述的模板, 其特征在于, 对齐标志是基本上透明于触发光线; 其中, 对齐标志是基本上不透明于分析光线, 且其中, 分析光包括红外线光。

47. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，对齐标志包括蚀刻在本体表面上的多个线。

48. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，对齐标志包括蚀刻在本体表面上的多条线，其中，这些线构造成大致地漫射触发的光，且其中，这些线构造成产生一在分析光下的可分析的标志。

49. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，对齐标志包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。

50. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，对齐标志包括 SiO_x ，其中， x 约为 1.5。

51. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，模板具有约小于 250nm 的平面度。

52. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，模板具有约小于 500nm 的平面度。

53. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，第一表面包括一刻痕区域和一截口区域，且其中，多个下凹的至少一部分形成在刻痕区域上的一图形。

54. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层。

55. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层包括烷基硅烷、氟烷基硅烷，或氟烷基三氯硅烷与水的反应产物。

56. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层包括十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷与水的反应产物。

57. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层减少在 25°C 下测得的约小于 40 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

58. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层，其中，表面处理层减少在 25°C 下测得的约小于 20 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

59. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在本体的至少一个边缘上的导电涂层。

60. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括在本体的至少一个边缘上的反射涂层。

61. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括连接在本体的至少一个边缘上的镜面。

62. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，触发光包括紫外线光。

63. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括连接在本体的一模板坯，其中，模板坯基本上透明于触发光。

64. 如权利要求 33 所述的模板，其特征在于，还包括用粘结剂粘结在本体的一模板坯，其中，模板坯和粘结剂基本上透明于触发光。

65. 一使用如权利要求 33 所述的刻痕光刻模板形成的器件。

66. 一种形成刻痕光刻模板的方法，包括：

获得基本上对于触发光为透明的材料；

在材料的第一表面上形成多个下凹，其中，多个下凹的至少一部分具有约小于 250nm 的特征尺寸；以及

在材料上形成至少一个对齐标志。

67. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，第一表面上形成多个下凹包括蚀刻材料。

68. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，第一表面上形成多个下凹包括使用光学光刻、电子束光刻、离子束光刻、X 线光刻、远紫外线光刻、扫描探针光刻、聚焦离子束蚀刻、干涉光刻、外延生长、薄膜沉积、化学蚀刻、等离子蚀刻、离子蚀刻，或反应性离子蚀刻工艺。

69. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，第一表面是基本上平的、抛物线的、球形的。

70. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，在材料上形成至少一个对齐标志包括使用光学光刻、电子束光刻、离子束光刻、X 线光刻、远紫外线光刻、扫描探针光刻、聚焦离子束蚀刻、干涉光刻、外延生长、薄膜沉积、化学蚀刻、等离子蚀刻、离子蚀刻，或反应性离子蚀刻工艺。

71. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，材料包括硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、蓝宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、晶体，或诸物的组合。

72. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，材料包括铟锡氧化物。

73. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，形成至少一个对齐标志包括将对齐标志沉积在材料上，对齐标志材料包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。

74. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，形成至少一个对齐标志包括将对齐标志沉积在材料上，对齐标志材料包括 SiO_x ，其中， x 等于 105。

75. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，触发光包括紫外线光。

76. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，对齐标志是基本上透明于触发光线；其中，对齐标志是基本上不透明于分析光线。

77. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，对齐标志是基本上透明于触发光线；其中，对齐标志是基本上不透明于分析光线，其中，触发光包括紫外线光，且分析光包括可见光。

78. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，对齐标志是基本上透明于触发光线；其中，对齐标志是基本上不透明于分析光线，其中，触发光包括紫外线光，且分析光包括红外线光。

79. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，在材料上形成至少一个对齐标志包括在材料的第一表面上，或在材料的第二表面上形成多个线，其中，第二表面相对于第一表面。

80. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，在材料上形成至少一个对齐标志包括将对齐标志材料沉积在材料上。

81. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将材料成形到所要求的形状。

82. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将本体连接到基本上对于触发光为透明的模板坯上。

83. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括使用粘结剂将本体连接到基本上对于触发光为透明的模板坯上，其中，粘结剂基本上对于触发光为透明的。

84. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，涂复表面处理层到第一表面的至少一部分。

85. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括涂复表面处理层到第一表面的至少一部分，其中，表面处理层包括烷基硅烷、氟烷基硅烷，或氟烷基三氯硅烷与水的反应产物。

86. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括涂复表面处理层到第一表面的至少一部分，其中，表面处理层包括十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷与水的反应产物。

87. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括涂复表面处理层到第一表面的至少一部分，其中，涂复表面处理层包括使用蒸发态的反应过程。

88. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括涂复表面处理层到第一表面的至少一部分，其中，涂复表面处理层包括材料放置在一反应腔内，净化该反应腔，并控制至少一种反应剂化学品，其中，至少一种反应剂化学品与水反应，以形成在第一表面的至少一部分上的表面处理层。

89. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将表面处理层涂复在第一表面的至少一部分上，其中，表面处理层减少在 25℃ 下测得的约小于 40 达因/厘米的第一表面的一部分的表面自由能。

90. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将表面处理层涂复在第一表面的至少一部分上，其中，表面处理层减少在 25℃ 下测得的约小于 20 达因/厘米的第一表面的一部分的表面自由能。

91. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将反射涂层涂复到材料的至少一个边缘上。

92. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将导电涂层涂复到材料的至少一个边缘上。

93. 如权利要求 66 所述的方法，其特征在于，还包括将镜面到材料的至少一个边缘上。

94. 一由权利要求 66 所述的方法形成的刻痕光刻模板。

95. 一使用图形模板在一衬底上形成图形的方法，该模板包括：
一包括有一第一表面的本体；

在第一表面上的多个下凹，其中，多个下凹的至少一部分形成一图形，且其中，下凹包括尺寸上约小于 250nm 的至少一些特征；以及

本体上的至少一个对齐标记；

其中，图形模板对于触发光基本上为透明的；

将触发光固化液体涂复到衬底的一部分上；

以互相隔开的关系定位图形的模板和衬底，以使间隙形成在图形模板和衬底之间；

通过模板对液体施加触发光，其中，施加的触发光基本上固化液体，且其中，图形模板的图形形成在固化的液体中；以及

从固化液体上分离图形的模板。

96. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定在图形模板和衬底之间的对齐。

97. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定在图形模板和衬底之间的对齐，其中，衬底包括一衬底对齐标志，且其中，确定在图形模板和衬底之间的对齐包括：

通过图形模板施加第一波长的光，其中，第一波长的光致使衬底对齐标志相对于分析工具聚焦，而模板对齐标志不聚焦；以及

通过图形模板施加第二波长的光，其中，第二波长的光致使模板对齐标志相对于分析工具聚焦，而衬底对齐标志不聚焦。

98. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定图形的模板和衬底之间的对齐，其中，衬底包括一衬底对齐标志，其中，确定对齐可使用偏振光对齐工具，且还包括将一偏振过滤器系统放置在偏振光对齐工具和图形模板之间，其中，偏振过滤器系统包括一基本定向在衬底对齐标志上的第一偏振过滤器和一基本定向在模板对齐标志上的第二偏振过滤器，其中，能够通过第一偏振过滤器的偏振光不同于能够通过第二偏振过滤器的偏振光。

99. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定图形的模板和衬底之间的对齐，其中，确定对齐包括使用一莫里 (moire) 型探测器。

100. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定图形的模板和衬底之间的对齐，其中，确定对齐包括对图形模板作用一分析光，且其中，图

形模板包括一第一材料，且其中，对齐标志由不同于第一材料的第二材料制成，其中，第一和第二材料是对用来固化液体的触发光的波长为基本透明，且其中，当分析光作用于图形模板时，第二材料产生具有显著对比度的可分析的标志。

101. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定图形的模板和衬底之间的对齐，其中，确定对齐包括对图形模板作用一分析光，且其中，模板对齐标志包括多个蚀刻线，它们起作为朝向分析光的衍射光栅，且其中，模板对齐标志基本上对触发光为透明。

102. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定图形的模板和衬底之间的对齐，其中，衬底包括一衬底对齐标志，其中，模板对齐标志和衬底对齐标志包括对称的几何形，且其中，确定对齐标志的对齐包括确定衬底和模板对齐标志的中心，且比较模板对齐标志的中心位置和衬底对齐标志的中心位置。

103. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置。

104. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，衬底包括一衬底对齐标志，其中，调整重叠放置包括移动衬底，以使模板对齐标志基本上与衬底对齐标志对齐。

105. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括改变图形模板相对于衬底的角度。

106. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括改变图形模板的尺寸。

107. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括通过改变图形模板的温度来改变图形模板的尺寸。

108. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括通过对图形模板的至少一部分施加压缩力来改变图形模板的尺寸。

109. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括通过对图形模板的至少一部分施加拉

伸力来改变图形模板的尺寸。

110. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括调整图形模板和衬底的重叠放置；其中，调整重叠放置包括改变图形模板的尺寸，其中，通过由连接到图形模板上的至少一个压电致动器施加作用力来改变图形模板的尺寸。

111. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对衬底的一部分涂复触发光固化液体，其包括用流体分配器分配流体。

112. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对衬底的一部分涂复触发光固化液体，其包括用流体分配器分配流体，还包括相对于流体分配器移动衬底，同时分配液体以形成预定的图形。

113. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对衬底的一部分涂复触发光固化液体，其包括用流体分配器分配流体，还包括相对于流体分配器移动衬底，同时分配液体以形成预定的图形，且其中，预定图形可构造成：随着图形模板和衬底保持隔开的关系定位，当图形模板接触液体时，抑制在液体内形成气泡。

114. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对衬底的一部分涂复触发光固化液体，其包括用流体分配器分配流体，还包括相对于流体分配器移动衬底，同时分配液体以形成预定的图形，且其中，选择预定图形，以使液体在基本上与图形模板的表面积相等的区域内填充间隙。

115. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，以相隔开的关系定位图形模板和衬底，其包括：

在衬底上定位图形模板；以及

移动图形模板朝向衬底，直到实现所要求的隔开关系，其中，当图形模板朝向衬底移动时，衬底上的液体基本上填充该间隙。

116. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，以相隔开的关系定位图形模板和衬底，其包括：以与衬底隔开约小于 200nm 的一距离定位图形的模板。

117. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，以相隔开的关系定位图形模板和衬底，其包括：以基本上与衬底平行的定向定位图形的模板。

118. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，从固化液体上分离图形的模板，其包括：

移动模板至一基本上不平行的定向；以及

移动图形的模板远离衬底。

119. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，在从固化液上分离图形的模板之后，固化液包括约小于 250nm 尺寸的某些特征。

120. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，以相隔开的关系定位图形模板和衬底，其包括：

在衬底上定位图形的模板，其中，模板基本上不平行于衬底；

图形模板朝向衬底移动，其中，当模板朝向衬底移动时，图形模板相对于衬底保持基本不平行的定向，以及

图形模板定向在基本平行于衬底的方向，其中，模板对于衬底保持一所要求的隔开关系。

121. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定在图形模板和衬底之间的距离。

122. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括用光基测量装置来确定在图形模板和衬底之间的距离，该方法包括：

对模板和衬底作用光，其中，光包括多个波长；

监控从模板和衬底的表面反射的光；以及

根据监控的光确定模板和衬底之间的距离。

123. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定一误差信号，其中，该误差信号对应于，图形模板的第一表面和衬底之间所要求的距离和图形模板和衬底之间已确定的距离之间的差值；而且，发送误差信号到至少一个致动器，其中，至少一个致动器构造成以互相隔开的关系定位图形模板和衬底。

124. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，衬底包括硅、镓、锗，或铟。

125. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，衬底包括绝缘材料。

126. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，衬底包括晶体、兰宝石、二氧化硅，或多晶硅。

127. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，图形模板包括硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、兰宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧

化物、石英，或其组合。

128. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，图形模板包括铟锡氧化物。

129. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，触发光固化液体包括一紫外线光固化组分。

130. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，触发光固化液体组分包括一光刻胶材料。

131. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括：

在将液体涂复到衬底之前，在衬底上形成一迁移层；以及

在从衬底上分离图形模板之后蚀刻迁移层，其中，蚀刻迁移层赋予迁移层以图形。

132. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，衬底包括在衬底表面上的至少一层。

133. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，衬底包括在衬底表面上的至少一层；该方法还包括确定衬底表面上的至少一层的厚度。

134. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括在 3 个或更多个非共线的位置上确定图形模板和衬底之间的距离，并根据 3 个或多个距离的确定来确定图形模板的第一表面和衬底是否大致地平行。

135. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定一误差信号，其中，误差信号对应于图形模板的第一表面和衬底之间的相对运动，该相对运动是使图形模板的第一表面和衬底处于基本上平行的外形所要求作的运动。

136. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，还包括确定一误差信号，其中，误差信号对应于图形模板的第一表面和衬底之间的相对运动，该相对运动是使图形模板的第一表面和衬底处于基本上平行的外形所要求作的运动；并发送误差信号到至少一个致动器，其中，至少一个致动器构造成调整图形模板的第一表面和衬底的相对位置，以达到基本上平行的结构。

137. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的本体的至少一部分包括硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、蓝宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、石英，或其组合。

138. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的本体的至少一部分

包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。

139. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的本体的至少一部分包括铟锡氧化物。

140. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，在第一表面上的多个下凹包括具有第一深度的第一下凹，以及具有第二深度的第二下凹，其中，第二深度大于第一深度。

141. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，在第一表面上的多个下凹可包括具有第一深度的第一下凹，以及具有第二深度的至少一第二下凹，其中，第二深度大于第一深度，且其中，第一深度小于 250nm。

142. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的本体还包括一与第一表面相对的第二表面，其中，第二表面包括至少一个已知深度的下凹。

143. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板还包括一形成在本体的一部分内的流体限制结构。

144. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的多个下凹的至少一部分包括沿垂直于第一表面的方向变化的宽度。

145. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的第一表面具有在 25℃ 下测得的约小于 40 达因/厘米的表面自由能。

146. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板的第一表面具有在 25℃ 下测得的约小于 20 达因/厘米的表面自由能。

147. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对齐标志包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。

148. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，对齐标志包括 SiO_x ，其中， x 约为 1.5。

149. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板具有约小于 250nm 的平面度。

150. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板具有约小于 500nm 的平面度。

151. 如权利要求 95 所述的方法，其特征在于，模板还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层。

152. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层包括烷基硅烷、氟烷基硅烷, 或氟烷基三氯硅烷与水的反应产物。

153. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层包括十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷与水的反应产物。

154. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层减少在 25°C 下测得的约小于 40 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

155. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括在第一表面的至少一部分上的一表面处理层, 其中, 表面处理层减少在 25°C 下测得的约小于 20 达因/厘米的第一表面的表面自由能。

156. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括连接在本体的一模板坯, 其中, 模板坯基本上透明于触发光。

157. 如权利要求 95 所述的方法, 其特征在于, 模板还包括用粘结剂粘结在本体的一模板坯, 其中, 模板坯和粘结剂基本上透明于触发光。

158. 一由如权利要求 95 所述的方法制成的器件。

159. 一用来夹持刻痕光刻模板的装置, 包括:

一包括一开口的本体, 其中, 开口构造成接纳刻痕光刻模板;

一连接到本体的支承板, 其中, 该支承板基本上透明于触发光; 以及

至少一个连接到本体的压电致动器, 在使用过程中, 压电致动器改变刻痕光刻模板的物理尺寸。

160. 如权利要求 159 所述的装置, 其特征在于, 支承板沿至少一个方向跨越本体上的开口。

161. 如权利要求 159 所述的装置, 其特征在于, 本体构造成连接在一刻痕光刻系统的模板支承上。

162. 如权利要求 159 所述的装置, 其特征在于, 支承板包括石英。

163. 如权利要求 159 所述的装置, 其特征在于, 支承板包括 SiO_2 。

164. 如权利要求 159 所述的装置, 其特征在于, 支承板包括兰宝石。

165. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，还包括连接在本体上的多个压电致动器，其中，压电致动器构造成对设置在开口内的模板施加一压缩力。

166. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，至少一个压电致动器构造成对设置在开口内的模板施加一压缩力。

167. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，至少一个压电致动器构造成对设置在开口内的模板施加一拉伸力。

168. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，支承板包括至少一个真空开口，其构造成对设置在装置内的模板施加真空。

169. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，支承板包括至少一个真空开口，其构造成对支承板和本体之间的交界面施加真空。

170. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，本体包括至少一个真空开口，其构造成对设置在装置内的模板施加真空。

171. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，支承板构造成抑制由刻痕光刻工艺中存在的力引起的设置在装置内的模板的变形。

172. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，还包括连接在开口内的本体的表面上的至少一个镜面。

173. 如权利要求 159 所述的装置，其特征在于，还包括在本体的至少一个表面上的反射涂层，其中，至少一个表面面向开口内。

用于室温下低压微刻痕和毫微刻痕光刻的模板

技术领域

本发明涉及光刻模板的刻痕，具体来说，涉及用于微光刻和毫微光刻工艺中的光刻模板的刻痕。

背景技术

光刻技术目前被应用于制造大量的微电子器件。然而，这些方法已被认为在分辨率上正在达到其极限。亚微米级的光刻在微电子工业中已属于临界的工艺过程。亚微米级的光刻的使用，使制造商能满足日益增长的对芯片上的越来越小和越来越紧凑的电子部件的要求。可以预计在今后的若干年中，微电子工业将追求结构达到约小于 50nm。而且，在光电和磁储存的领域内将出现毫微米级光刻的应用。例如，每平方英寸为 1000 千兆字节量级的光晶体和高密度模式的磁储存器，要求有毫微米级的光刻。

为了制造低于 50nm 的结构，光刻工艺可能要求使用非常短的波长的光（例如，大约为 13.2nm）。对这些短波长，许多普通材料可能光学上不透明，因此，成像系统一般必须采用复杂的反射光学器来进行构造。此外，对于这些波长，要获得具有足够输出强度的光源可能很困难。这样的系统可能导致极其复杂的设备，和可能令人却步的昂贵的加工程序。尽管高分辨率的电子束光刻工艺被认为其精度很高，但对于大容量的商业应用却显得速度过慢。

光刻刻痕工艺过程已出现使用包含如其表面上的地形的图形的模板，在衬底上复制高分辨率（低于 50nm）的图形的能力。可以认为，刻痕光刻可以是光学光刻的变型，其可在微电子器件，光学器件，MEMS，光电子，用于储存应用的图形的磁介质等的制造中，用于衬底的图形印刷。对于制造诸如微透镜和 T-门结构之类的三维结构，刻痕光刻工艺可胜过光学光刻。

对于大规模生产的刻痕光刻，可要求将图形区域互相尽可能近地放置，而不干扰其后的刻痕。这可有效地使衬底上图形化的区域最大化。为了到达该目

标，从图形化区域喷出的任何过量的流体的位置应加以很好的限制和重复。这样，个别的部件（包括模板和衬底），流体和任何可影响系统物理性质的其它材料，包括（但不限于）表面能，界面能，哈马克（Hamacker）常数，凡德瓦（Van der Waal）力，粘度，密度，不透明性等应适当地精心安排，以适应一重复的过程。因此，要求有一种控制在所要求的图形区域外的过量流体散布的方法，它能便于大规模生产的刻痕光刻。

发明内容

本文所述的诸实施例包括刻痕光刻模板，形成和使用刻痕光刻模板的方法，以及模板夹持器。

在一实施例中，一刻痕光刻模板可以基本上透明，以触发光（例如，紫外线光）。这样的模板可包括一具有一第一表面的本体。模板还可包括在第一表面上的多个下凹。在其它的实施例中，第一表面可以呈大致的平面形，抛物线形或球形。下凹的至少一部分可具有一约小于 250nm 的特征尺寸。在某些实施例中，模板还可包括在本体上的至少一个对齐标记。在某些实施例中，模板还可包括一间隙检测区域。

在其它的实施例中，本体可全部地或部分地由下列物质制成：硅、二氧化硅、硅锗碳、氮化镓、硅锗、兰宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、晶体、铟锡氧化物，或诸物的组合。在某些实施例中，本体的至少一部分可由 SiO_x 组成，其中，X 小于 2。例如，X 可约为 1.5。

在一实施例中，在第一表面上的多个下凹可包括具有第一深度的第一下凹；具有第二深度的第二下凹。第二深度可大于第一深度。例如，第一深度可小于 250nm。除了在第一表面上的多个下凹之外，模板可包括与第一表面相对的第二表面上的至少一个下凹。在一实施例中，诸下凹的至少一部分可具有一沿垂直于第一表面的方向变化的宽度。构造这样的下凹可以来适应一种光固化液的材料性质的变化，所述光固化液可用于刻痕光刻过程中的模板。例如，光固化液可在固化中收缩或膨胀。

在一实施例中，模板可包括形成在本体一部分内的过量流体释放结构。例如，这样的结构可形成在模板的一截口区域中。

在某些实施例中，模板的第一表面的至少一部分可具有在 25°C 下测得的约为小于 40 达因/厘米的表面自由能。在某些这样的实施例中，模板的第一表面的部分可具有在 25°C 下测得的约为小于 20 达因/厘米的表面自由能。例如，第一表面的至少一部分可具有一表面处理层。表面处理层可包括烷基硅烷、氟烷基硅烷，或氟烷基三氯硅烷和水的反应产物。例如，表面处理层可包括十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷和水的反应产物。表面处理层可减少在 25°C 下测得的约为小于 40 达因/厘米的第一表面的表面自由能，或在某些例子中，约小于 20 达因/厘米。

在某些实施例中，在模板上的对齐标志可以是基本上透明于触发光线。对齐标志可以是基本上不透明于分析光线。在这样的实施例中，分析光可包括可见光或红外线光。对齐标志可用不同于本体材料的材料制成。例如，对齐材料可包括 SiO_x ，其中， x 小于 2。例如， x 可约为 1.5。或者，对齐标志可包括蚀刻在本体表面上的多个线。这些线可构造成大致地扩散触发的光，但产生一在分析光下的可分析标志。

在某些实施例中，模板可具有约小于 500nm 的平面度。在某些这样的实施例中，模板可具有约小于 250nm 的平面度。

在某些实施例中，模板可包括在本体的至少一个边缘上的导电涂层或反射涂层。在其它的实施例中，模板可包括连接在本体的至少一个边缘上一镜面。

在一实施例中，模板可包括连接到本体上的一个模板坯。例如，本体可采用一粘结剂粘结到模板坯上。模板坯和粘结剂可基本上透明以便触发光。在某些实施例中，一间隙检测区域可包括至少一个具有已知深度的下凹。间隙检测区域可以是在第一表面或在第二表面。在一实施例中，间隙检测区域可具有约大于 100nm 的深度。

在一实施例中，通过获得大致透明以致触发光的材料和形成在材料的第一表面上的多个下凹，如上所述的一刻痕光刻模板可得以形成。形成模板的方法还可包括在材料上形成至少一个对齐标志。多个下凹可通过蚀刻材料而形成。多个下凹可用下列工艺过程来形成，其中包括（但不限于）光学光刻、电子束光刻、离子束光刻、X 线光刻、远紫外线光刻、扫描探针光刻、聚焦离子束蚀刻、干涉光刻、外延生长、薄膜沉积、化学蚀刻、等离子蚀刻、离子蚀刻，或

反应性离子蚀刻。同样地，对齐标志可用下列工艺过程来形成，其中包括（但不限于）光学光刻、电子束光刻、离子束光刻、X线光刻、远紫外线光刻、扫描探针光刻、聚焦离子束蚀刻、干涉光刻、外延生长、薄膜沉积、化学蚀刻、等离子蚀刻、离子蚀刻，或反应性离子蚀刻。例如，在如上所述的某些实施例中，对齐标志可包括形成在模板上的多个线。在另些实施例中，对齐标志可通过在用来形成模板的材料上沉积第二材料而形成。

一种形成刻痕光刻模板的方法还可包括将材料成形为所要求的形状。例如，可将材料成形以对模板提供所要求的尺寸。所要求的尺寸可包括预定的模板尺寸组。在某些实施例中，该方法可包括将材料连接到模板坯上。例如，可使用一粘结剂将材料粘结到模板坯上。

如上所述的一表面处理可应用于模板的第一表面的至少一部分上。在某些实施例中，表面处理层可使用蒸发态反应工艺过程来形成。例如，材料可放置在一反应腔内。该反应腔可被净化。至少一种反应剂化学品可分配入反应腔内。至少一种反应剂化学品被认为可与水反应，以形成在第一表面的至少一部分上的表面处理层。然而，可以预料的是，反应剂化学品可直接地与模板的表面反应，与第一表面上存在的其它化学品反应，或与其本身反应以形成表面处理层。

在某些实施例中，该方法还可包括在材料的至少一个边缘上涂复一反射涂层或一导电涂层。

为了在衬底上形成图形，一模板可放置在一模板夹持器内。模板夹持器可包括一本体，一支承板和至少一个压电晶体致动器。本体可具有一构造成接纳一刻痕光刻模板的开口。本体可构造成连接在一刻痕光刻系统的模板支承上。支承板可被连接到本体上，并可以是基本上透明以触发光。支承板可沿至少一个方向跨越本体上的开口。支承板可由包括（但不限于）晶体、兰宝石和 SiO_2 的材料组成。支承板可构造成抑制因存在于刻痕光刻工艺过程中的力引起的夹持在模板夹持器内的模板的变形。至少一个压电晶体致动器可连接到本体上，并构造成在使用过程中改变刻痕光刻模板的物理尺寸。例如，一个压电晶体致动器可构造成对设置在开口内的模板施加一压缩的或拉伸的力。支承板和/或本体可包括至少一个真空开孔，该开孔构造成对设置在开口内的模板和/或支承板及本体的交界面作用真空。此外，可在本体面对开口内侧的表面上涂复镜

面或反射涂层。

一如上所述的刻痕光刻模板可被用于使用图形的模板在衬底上形成一图形的方法。一般来说，在一衬底上形成一图形的方法，可通过在衬底上涂复一光固化液（例如，光刻胶）而得以实现。一刻痕光刻模板放置在涂复光固化液的衬底部分上方。模板和衬底的相对位置可被调整成在图形的模板和衬底之间形成一间隙。触发的光通过模板作用到液体上。然后，模板可从固化的液体上分离。

该方法还可包括确定在图形的模板和衬底之间的对齐。在这种情形中，衬底可包括一衬底对齐标志。模板对齐标志和衬底对齐标志可以是对称的几何形。确定对齐标志的对齐可包括确定衬底和模板对齐标志的中心。对齐标志的中心位置可进行比较以确定对齐标志的对齐。

在第一实施例中，图形的模板和衬底之间的对齐可通过作用一第一波长的光穿过图形的模板而确定。根据一分析工具，第一波长的光可使衬底对齐标志焦点对准，而使模板的对齐标志聚焦不准。然后，一第二波长的光通过图形的模板作用。根据一分析工具，第二波长的光可使模板对齐标志焦点对准，而使衬底的对齐标志聚焦不准。在一第二实施例中，图形的模板和衬底之间的对齐可通过使用偏振光对齐工具来确定。一偏振过滤系统可放置在偏振光对齐工具和模板之间。偏振过滤系统可包括一基本定向在衬底对齐标志上的第一偏振滤光片和一基本定向在模板对齐标志上的第二偏振滤光片。能够通过第一偏振滤光片的偏振光不同于能够通过第二偏振滤光片的偏振光。在一第三实施例中，对齐的确定可使用一莫里（moire）型探测器。在一第四实施例中，模板和衬底之间的对齐的确定可包括对模板作用一分析光。模板可包括至少两个材料，一第一材料和一第二材料。对齐标志可由第二材料制成。第一和第二材料可以是对用来固化液体的触发光基本透明。然而，当分析光作用于模板时，第二材料可产生具有显著对比度的可分析的标志。在一第五实施例中，模板对齐标志可包括多个蚀刻线，它们起作为朝向分析光的衍射光栅。确定图形的模板和衬底之间的对齐可包括对图形的模板作用分析光。模板对齐标志可以基本上对触发光透明，但当分析光作用于模板时，可产生一可分析的标志。

使用一图形模板来形成衬底上的图形的方法还可包括调整图形模板和衬底

的重叠放置。调整重叠放置包括移动衬底，以使模板对齐标志基本上与衬底对齐标志对齐。例如，调整重叠放置可包括改变图形模板相对于衬底的角度，或改变图形模板的尺寸。模板的尺寸可通过改变模板的温度，或对模板施加压缩或拉伸力来改变。例如，至少一个压电致动器可连接到图形模板上。该至少一个压电致动器可通过对模板施加力来改变图形模板的尺寸。

触发光固化的液体可通过一流体分配器涂复到衬底的一部分上。通过衬底相对于流体分配器的运动，液体可被分配而形成一预定的图形。预定图形可构成：当模板接触液体时，抑制在液体内形成气泡。也可选择预定图形，以使液体在基本上与模板的表面积相等的区域内填充间隙。

在一实施例中，以相隔开的关系定位图形模板和衬底，可包括在衬底上定位图形模板，并移动图形模板朝向衬底，直到实现所要求的隔开关系。当图形模板朝向衬底移动时，衬底上的液体基本上填充该间隙。隔开的关系可以是约小于 200nm 的一距离。在某些实施例中，图形的模板和衬底可以基本平行的定向来定位。在另些实施例中，模板可以基本不平行的位置定位在衬底之上。模板可朝向衬底移动，而相对于衬底保持基本不平行的定向。然后，当模板对于衬底保持一所要求的隔开关系时，模板可定向在基本平行于衬底的方向。

在一实施例中，从固化液体上分离图形的模板，可包括移动模板至一基本上不平行的定向，并移动图形的模板远离衬底。在从固化液体上分离图形的模板之后，固化液可包括约小于 250nm 尺寸的某些特征。

使用一图形的模板在衬底上形成一图形的方法还可包括确定图形的模板和衬底之间的距离。一光基的测量装置可被用于此目的。该方法可包括对模板和衬底作用光。光可包括多个波长。可监控光从模板和衬底的表面的反射。模板和衬底之间的距离可根据监控的光进行确定。此外，可能产生一误差信号。该误差信号对应于模板和衬底之间的距离与模板和衬底之间已确定的距离两者之间的差值。而且，在 3 个或更多个非共线的位置上确定模板和衬底之间的距离，可被用来确定模板和衬底是否大致地平行。该种确定也可被用来产生一误差信号，该信号对应于使其成为基本平行结构所要求的模板和衬底之间的相对运动。

衬底可包括（但不限于）绝缘材料：硅、镓、锗、铟、晶体、兰宝石、二

氧化硅或多晶硅。衬底可包括一个或多个在衬底表面上的层。在这种情况下，该方法还可包括在衬底表面上的至少一个层的厚度。衬底还可包括形成在衬底表面上的迁移层。在这种情况下，该方法还可包括在从固化液中分离模板之后蚀刻该迁移层。蚀刻迁移层可将图形赋予迁移层。

模板和上述的方法，作为举例可用来形成一半导体器件、一光学器件、一光子器件、一磁储存器件或薄膜头，一显示器件等。

附图说明

参照附图阅读下列详细的描述后，将会对本发明的其它目标和优点更加明白，其中：

图 1A 和 1B 示出模板和衬底之间的间隙的截面图；

图 2A 和 2E 示出一刻痕光刻工艺过程的截面图；

图 3 示出表示刻痕光刻工艺过程的诸步骤顺序的流程框图；

图 4 示出一图形的模板的仰视图；

图 5 示出一位于衬底上的模板的截面图；

图 6 示出制造具有多深度的模板的工艺过程的截面图；

图 7 示出形成一刻痕光刻模板的工艺过程的截面图；

图 8 示出图形的模板的截面图；

图 9 示出另外的图形模板设计的截面图；

图 10 示出涂复一固化液至衬底的工艺过程的俯视图；

图 11 示出在刻痕光刻工艺过程中一用于分配流体的装置的示意图；

图 12 示出用于一刻痕光刻工艺过程的不理想的流体分配图形；

图 13 示出包括多个液滴的流体图形，该液滴在间隙闭合之后不会捕获空气气泡；

图 14 示出在刻痕光刻工艺过程中另一用于分配流体的装置的示意图；

图 15 示出包括多个大致平行线的流体图形；

图 16 示出一衬底支承系统的投影图；

图 17 示出另一衬底支承系统的投影图；

图 18 是一由挠性接头连接的 3 连杆链的示意图，其连接成沿 X 方向平移一

块体；

图 19 是另一由挠性接头连接的 3 连杆链的示意图，其连接成沿 X 方向平移一块体；

图 20 是一磁性线性伺服电机的投影图；

图 21 是多刻痕的总体对齐处理过程的工艺流程框图；

图 22 是多刻痕的场对场的对齐处理过程的工艺流程框图；

图 23 是模板相对于衬底转动的轴线的投影图；

图 24 示出定位在一模板和衬底上的测量装置；

图 25 示出定位在一模板和衬底上的一光学对齐测量装置的示意图；

图 26 示出使用对齐标志来确定模板相对于衬底的对齐的示意图；

图 27 示出使用偏振滤光片的对齐标志来确定模板相对于衬底的对齐的示意图；

图 28 示出一容性模板放置测量装置的示意图；

图 29 示出一激光干涉仪型模板放置测量装置的示意图；

图 30 示出当间隙部分地充以流体时，确定带有模板和衬底之间的间隙的对齐的示意图；

图 31 示出一包括多个蚀刻线的对齐标志；

图 32 示出一定向阶段的投影图；

图 33 示出一定向阶段的分解图；

图 34 示出一间隙测量工艺的过程流程图；

图 35 示出确定两个材料之间的间隙的工艺过程的截面图；

图 36 示出示出确定局部最小和最大间隙的曲线图；

图 37 示出一带有间隙测量下凹的模板；

图 38 示出使用一光谱仪来测量模板和光谱仪之间的间隙的示意图；

图 39 示出使用探针来探测模板和衬底之间的间隙的示意图；

图 40 示出包括预存的地形的刻痕光刻工艺的截面图；

图 41 示出照明一模板以确定模板和衬底之间存在楔形的工艺过程的示意图；

图 42 示出诸挠性件的投影图；

- 图 43 示出组合使用的第一和第二挠性件；
图 44 示出一定向阶段的仰视投影图；
图 45 示出夹持一模板的挠性臂的示意图；
图 46 示出一对挠性臂和相连的精确致动器的截面图；
图 47 示出形成一真空夹盘的示意图；
图 48 示出用于夹持一衬底的真空夹盘的各种视图；
图 49 示出固化后从一衬底上移去模板的示意图；
图 50 示出固化后从一衬底上移去模板的另一示意图；
图 51 示出一模板支承系统的示意图；以及
图 52 示出模板和衬底之间的一间隙的侧视图。

尽管本发明允许各种变型和变化形式，但本发明的具体实施例通过实例来示出，并将在本文中作详细的描述。然而，应当理解的是，本文的附图和详细的描述的意图不在于将本发明限制在所述的特定形式上，但恰恰相反，本发明将涵盖落入由附后的权利要求书所定义的本发明的精神和范围内的所有改型，等价物 and 变化。

具体实施方式

本文所提供的实施例一般涉及系统、装置和制造小器件的相关的工艺过程。具体来说，本文所提供的实施例涉及刻痕光刻的系统、装置和相关的工艺过程。例如，这些实施例可应用于在衬底上（例如一半导体晶片）刻痕非常小的容貌。应当理解的是这些实施例也可应用于其它的任务，例如，制造有成本效益的微电子机械系统（MEMS）。实施例还可应用于制造其它类型的器件，其中包括（但不限于）：用于数据储存的图形磁性介质、微光学器件、生物和化学器件、X 线光学器件等。

现参照附图，尤其是图 1A 和 1B，其中示出预先设置在衬底 20 上的一模板 12 的结构，该衬底将准备在其上使用刻痕光刻刻痕所要求的容貌。具体来说，模板 12 可包括一加工成呈所要求的容貌形的表面 14，它依次又可传送到衬底 20。如本文中所采用的，一“容貌大小”一般指所要求的容貌之一的宽度或深度。在某些实施例中，迁移层 18 可被放置在衬底 20 和模板 12 之间。迁移层

18 可通过刻痕层 16 从模板 12 接纳所要求的容貌。如本技术领域内所熟知的，迁移层 18 可允许从低的长宽比刻痕容貌中获得高的长宽比的结构（或装置）。

为刻痕光刻的目的，重要的是互相尽可能近且几乎平行地保持模板 12 和衬底 20。例如，对于约为 100nm 宽和约为 100nm 深的容貌，在衬底 20 的刻痕区域上，为求得刻痕光刻工艺的成功，可要求一约为 200nm 或不到的平均间隙，其变化量约小于 50nm。本文所呈现的实施例提供一种控制模板 12 和衬底 20 之间的间隔的方法，以实现给予如此紧密和精确间隙要求的成功的刻痕光刻。

图 1A 和 1B 示出可能在刻痕光刻中遇到的两种类型的问题。在图 1A 中，由于模板 12 在被刻痕的层 16 的一端上更加靠近衬底 20，所以形成一楔形的刻痕层 16。图 1A 示出在图形迁移过程中保持模板 12 和衬底 20 基本平行的重要性。图 1B 示出的刻痕层 16 太厚。这两种状况可以说是十分不理想。本文提供的实施例提供的系统、工艺过程和相关的装置，可消除图 1A 和 1B 所示的状况，以及与现有技术光刻工艺相关的其它定向的诸问题。

图 2A 至 2E 示出一刻痕光刻工艺过程的实施例，其一般标以标号 30，模板 12 可与衬底 20 保持隔开的关系定向，以使间隙 31 形成在分离模板 12 和衬底 20 的空间中。模板 12 的表面 14 可用一降低模板表面能并有助于分离模板 12 和衬底 20 的薄层 13 来加以处理。下面讨论定向的方式和控制模板 12 和衬底 20 之间的间隙 31 的装置。接下来，间隙 31 可用与被处理表面 14 的形状一致的物质 40 填充。或者，在一实施例中，在模板 12 相对于衬底 20 移动到理想的位置之前，物质 40 可分配到衬底 20 上。

物质 40 可形成一诸如图 1A 和 1B 所示的刻痕层 16 之类的刻痕层。较佳地，物质 40 可以是这样的液体，它不需采用高温即可相当容易和快捷地填充间隙 31 的空间，而且，间隙不要求高压即可封闭。有关选择合适的物质 40 的进一步细节将在下面予以讨论。

固化剂 32 可涂复在模板 12 上而形成物质 40，以便硬化和呈现由间隙 31 所定义的空间的形状。这样，理想的容貌 44（图 2D）可从模板 12 迁移到衬底 20 的上表面。迁移层 18 可直接地设置在衬底 20 的上表面。迁移层 18 可便于放大从模板 12 上迁移的容貌，以便产生高长宽比的容貌。

如图 2D 所示，模板 12 可从衬底 20 离开其上的所要求的容貌 44 而移去。

模板 12 从衬底 20 上分离必须这样地进行：所要求的容貌 44 仍保持完好无损，没有从衬底 20 的表面上剪切或撕下。本文提供的实施例提供一种在刻痕之后从衬底 20 上剥离和揭开（这里称之为“剥离和揭开”法）模板 12 的方法和相关的系统，这样，保持理想的容貌 44 完好无损。

最后，在图 2E 中，从模板 12 迁移到物质 40 上的容貌 44，可通过迁移层 18 的作用在垂直尺度上被放大，所述迁移层作用在使用双层抗蚀剂工艺过程中被人们所熟知。形成的结构可被进一步处理，使用众所周知的工艺完成制造过程。图 3 以流程框图的形式概括一刻痕光刻过程的实施例，一般标以标号 50。首先，在步骤 52，执行模板和衬底的定向过程，已达到模板和衬底的初步的对齐。在步骤 52 处的定向过程的优点在于它可允许在制造环境中的预先标定，其中，许多器件以高效和高产量的方式被制造。例如，其中，衬底包括在半导体晶片上的许多冲模之一，在一单一生产循环过程中，对齐过程（步骤 52）可被执行一次，并作用到其它冲模上。这样，可减少生产的循环次数并可提高产量。

在步骤 54，一物质可被分配到衬底上。该物质可以是固化的有机硅溶液或其它暴露在触发光下可变成固体的有机液体。使用液体可消除对于与现有技术的光刻工艺相联系的高温和高压的要求。接下来，在步骤 56，在模板和衬底之间的间隔可加以控制，这样，在两个层之间可形成相当均匀的间隙，以达到成功刻痕所要求的精确定向。本文所提供的实施例提供一实现步骤 56 所要求的定向（过程和细微）的装置和系统。

在步骤 58，通过模板相对于衬底和物质的垂直运动，间隙可被封闭。物质可被固化（步骤 59），从而导致物质硬化形成具有模板容貌的形式。接下来，在步骤 60，模板可从衬底上分离，导致容貌从模板上被刻痕或迁移到衬底上。最后，使用一初步蚀刻以移去残余材料，以及一众所周知的氧化蚀刻工艺以蚀刻迁移层，在步骤 62，进行结构的蚀刻。

在各种实施例中，一模板可包括无图形的区域：1) 在具有模板表面的平面，2) 在模板内的下凹，3) 从模板上突出，或 4) 上述的组合。一模板可被制造有呈刚性的诸突出。这样的突出可提供用于微小公差的均匀间隔层，以及诸如光栅、全息摄影等的光学器件。或者，可用受压的突出制造模板。

一般来说，一模板可具有通过表面接触对其支承的刚性本体，支承方向从：

1) 侧面, 2) 后面, 3) 前面, 4) 上述的组合。模板支承可具有限制模板在压力作用下变形和扭曲的优点。在某些实施例中, 一模板在某些区域可涂复反射涂层。在某些实施例中, 模板可包括在反射涂层中的诸孔, 以使光可进入和通过模板。这样的涂层可利用干涉测量法来对重叠纠正而定位模板。这样的涂层还可允许用通过模板的侧面而不是顶面照明的固化作用源来进行固化。这在模板夹持器、间隙检测工艺和重叠标志探测系统的设计中, 尤其可允许有很大的灵活性。可在下列位置执行模板的暴露: 1) 在垂直入射于模板, 2) 与模板倾斜交角, 或 3) 通过模板的一侧面。在某些实施例中, 刚性模板可结合一柔性衬底使用。

模板可使用光学光刻、电子束光刻、离子束光刻、X 线光刻、远紫外线光刻、扫描探针光刻、聚焦离子束蚀刻、干涉光刻、外延生长、薄膜沉积、化学蚀刻、等离子蚀刻、离子蚀刻、反应性离子蚀刻或上述的组合。模板可形成在具有平的、抛物线的、球形的或其它表面地形的衬底上。模板可与具有平的、抛物线的、球形的或其它表面地形的衬底一起使用。衬底可包含一先前的图形地形和/或多材料的膜的堆叠。

在图 4 所示的实施例中, 一模板可包括一图形区域 401, 一输送通道 402 和一边缘 403。模板边缘 403 可被用来将模板夹持在模板夹持器内。输送通道 402 可构造成输送过量的流体, 由此, 防止其散布到邻近的图形区域, 下面将对其作更详细的讨论。在某些实施例中, 一模板的图形区域可以是平的。这样的实施例可用于对衬底的平面化。

在某些实施例中, 模板可采用多深度设计来进行制造。即, 模板的不同的容貌可以相对于模板的表面具有不同的深度。例如, 输送通道 402 可具有一大于图形区域 401 的深度。这样一个实施例的优点在于, 可改进检测模板和衬底之间的间隙的精度。非常小的间隙(例如, 约小于 100nm)可能难于检测; 因此, 添加一已知深度到模板的步骤可使间隙的检测更为精确。如本文所采用的, 术语“间隙检测区域”一般指具有已知深度约大于 100nm 的模板的表面上的一种容貌。双重深度设计的优点可在于, 这样的设计可使用一标准的模板夹持器来夹持一给定尺寸(其可包括各种尺寸的冲模)的刻痕模板。双重深度设计的第三个优点在于, 可使用外围区域来夹持模板。在这样一个系统中, 具有功能

结构的模板和衬底的交界面的所有部分可暴露于固化剂。如图 5 所示，经适当设计的、具有外围区域 501 的深度的一模板 500 可邻接邻近的刻痕 502，503。此外，刻痕模板 500 的外围区域 501 仍可保持离刻痕 503 的安全垂直距离。

如上所述，一双重深度的刻痕模板可使用不同的方法进行制造。在图 6 所示的实施例中，一单一的厚衬底 601 可形成有一高分辨率、浅深度冲模图形 602，以及一低分辨率、大深度外围图形 603。在一实施例中，如图 7 所示，一薄衬底 702（例如，晶体晶片）可形成具有一高分辨率、浅深度冲模图形 701。然后，冲模图形 701 可从衬底 702 中切割。冲模图形 701 可然后被粘结到一较厚的衬底 703 上。如这里所采用的，较厚衬底 703 一般可被称之为“模板坯”。一模板坯的尺寸可做成配装入刻痕机的刻痕模板夹持器内。最好使用固化媒体（例如，触发光）的折射率等于模板材料的折射率的粘结剂 704 来进行该粘结。

另外的刻痕模板设计示于图 8A，8B 和 8C，并一般分别地标以标号 801，802 和 803。各个模板设计 801，802 和 803 可包括下凹部分，它们可被用来测量间隙和/或输送过量的流体。

在一实施例中，一模板可包括一用来控制流体散布的机构，其根据材料的物理性质以及模板的几何特性进行控制。不造成衬底面积丧失的可允许的过流体量，可通过各种材料的表面能、流体密度和模板几何特性来加以限制。因此，可使用一释放机构来将流体限制在所要求的模制或制图区域内。该区域一般可被称之为“截口”。如上所述，使用用来构造图形或模制释放结构的标准的加工工艺，可使在截口中的释放结构下凹入模板表面内。

在传统的光刻工艺中，光掩模设计中使用光学邻近纠正成为生产设计尺寸的精确图形的标准。类似的概念可被用于微模制和毫微模制或刻痕光刻中。在刻痕光刻工艺过程中的显著的差异可在于，误差的原因不是衍射或光干涉，而是在加工过程中可能发生的物理性质的变化。这些变化可确定特性，或确定对于模板的几何特性精心安排作地形纠正的需求。在模板中设计图形浮雕结构来适应刻痕过程中材料的变化（诸如收缩或膨胀），其在概念上类似于用于光学光刻中的光学邻近纠正，这种模板可消除因这些物理性质的变化引起的误差。根据诸如体积的膨胀或收缩之类的物理性质的变化，可调整浮雕结构以产生准确的、所要求的复制容貌。例如，图 9 示出一不根据材料性质变化 901 而形成

刻痕的实例，以及一根据材料性质变化 902 而形成刻痕的实例。在某些实施例中，带有基本呈矩形 904 的容貌的模板可承受在固化过程中因材料收缩引起的变形。为了补偿这种材料收缩，模板容貌可设置有一倾斜形 905。

就刻痕光刻工艺过程来说，可涉及到模板的耐用性和其释放特性。一耐用的模板可由硅或二氧化硅衬底制成。其它合适的材料可包括（但不限于）：硅锗碳、氮化镓、硅锗、兰宝石、三氢砷化镓、外延硅、多晶硅、栅极氧化物、晶体，或诸物的组合。模板还可包括用来形成诸如对齐标志之类的可检测特征的材料。例如，可检测特征可由 SiO_x 组成，其中， x 小于 2。在某些实施例中， x 可约为 1.5。该材料被认为对于分析光为不透明，但对于某些触发光波长为透明。如本文所采用的，“分析光”一般可指用于上述的（例如，间隙检测，确定对齐等）测量过程的光。在各种实施例中，分析光可包括可见光或红外光。

通过实验业已发现，可通过处理模板以在模板的表面上形成一薄层，来改进模板的耐用性。例如，烷基硅烷、氟烷基硅烷，或氟烷基三氯硅烷层可形成在表面上。特别是，可使用十三烷氟-1, 1, 2, 2-四氢辛基三氯硅烷

$(\text{C}_5\text{F}_{13}\text{C}_2\text{H}_4\text{SiCl}_3)$ 。这样一种处理可在模板的表面上形成一自组单层 (SAM)。

可优化一表面处理工艺过程，以产生低表面能的涂层。这样一个涂层可被用来制备用于刻痕光刻的刻痕模板。经处理的模板相对于未处理的模板可具有理想的释放特性。例如，新近处理的模板可具有约为 14 达因/厘米的表面自由能 λ_{treated} 。未经处理的模板表面可具有约为 65 达因/厘米的表面自由能 $\lambda_{\text{untreated}}$ 。这里所公开的处理程序可制出显现高度耐用性的膜。耐用性可以是高度的要求，因为它可致使一模板在制造的设定中可承受许多次的刻痕。

用于模板表面的涂层可采用液态工艺或蒸发态工艺来形成。在液态工艺中，衬底可浸没在先质和溶剂的溶液中。在蒸发态工艺中，先质可通过一惰性载体气体来提供。可能难于获得用于液态处理的无水溶剂。在处理过程中，体态的水可导致大块的沉积，这可对涂层的最终质量和覆盖造成不利影响。在一蒸发态工艺的实施例中，模板可放置在一真空腔室中，此后，腔室可被循环净化以除去多余的水。有些吸附的水可仍留在模板的表面上。少量的水可被需要来完成形成涂层的表面反应。可以认为，该反应可用公式来表述：



为了便于反应，模板可通过温度控制卡盘设定到理想的反应温度。然后，先质可在规定的时间内馈送到反应腔室内。诸如模板温度、先质浓度、流动几何特性等的反应参数可适应于特定的先质和模板衬底的组合。

如前所述，物质 40 可以是能填充间隙 31 的空间的液体。例如，物质 40 可以是低粘度液体单体溶液。合适的溶液具有的粘度范围约从 0.01cps 至 100cps（在 25℃时测量）。对于高分辨率（例如，低于 100nm）的结构，特别要求低的粘度。低粘度也可导致较快地闭合间隙。此外，低粘度可导致在低压下较快地将液体填充到间隙区域内。特别是，在不到 50nm 的范围内，溶液的粘度应为约在 25cps 或以下，或较佳地约在 5cps 之下（在 25℃时测量）。在一实施例中，一合适的溶液可包括 50%的 n-丁基丙烯酸酯和 50%的 SLA0210.0（3-acryloxypropyltristrimethylsiloxane）硅烷的混合物（按重量计）。对此溶液可加上少量百分比的聚合起始剂（例如，光致起始剂）。例如，3%的重量百分比的 1:1 的 Irg819 和 Irg184 的溶液和 5%的 SIB1402.0 可认为是合适的。该混合物的粘度约为 1cps。

在一实施例中，一刻痕光刻系统可包括用来将流体分配到衬底（例如，一半导体晶片）的表面上的自动液体分配方法和系统。该分配方法可使用一带有多个延伸的分配器末端的模块式的自动流体分配器。该分配方法可使用一 X-Y 台以产生分配器末端和衬底之间的横向的相对运动。该方法可消除使用低粘度流体的刻痕光刻的若干问题。例如，该方法可消除陷入的气泡和刻痕区域的局部变形。实施例也可提供一种方法，该方法达到低刻痕压力，而在刻痕模板和衬底之间的整个间隙上散布流体，且不必浪费过量的流体。

在一实施例中，分配量通常可约小于每平方英寸刻痕面积 130nl（毫微升）。在分配后，其后的过程可包括将模板和衬底组件暴露于一固化媒体（例如，触发光）。从衬底上分离模板可在刻痕表面的顶上留下一迁移的图像。该迁移的图像可位于余下的曝光过的材料的薄层上。余下的层可被称之为“底层”。底层对于一可制造的刻痕应该薄且均匀。一薄且均匀的底层可有助于突破消除底层所需的蚀刻，而仍保持刻痕的结构。

刻痕工艺过程可包括施加在模板和衬底交界面的高压和/或高温。然而，为了包括高分辨率的重叠对齐的可制造的刻痕光刻工艺，应避免高压和高温。这

里所公开的实施例通过使用低粘度光固化流体，避免对高温的要求。此外，通过减少为在整个刻痕区域上散布流体所需的挤压力，刻痕压力可被减小到最小。因此，为了流体型的刻痕光刻的目的，一流体分配工艺过程应满足下列诸性质：

1. 没有空气气泡捕获在模板和衬底之间；
2. 应避免分配器末端和衬底之间的直接接触，以最大程度地减小颗粒的产生；
3. 应当及时使填充模板和衬底之间的间隙所需的压力为最小；
4. 应将非均匀的流体积聚和/或压力梯度减到最小，以减小模板和衬底界面的非均匀的局部变形；以及
5. 应将分配流体的浪费减小到最小。

在某些实施例中，基于流体分配器末端的位移和衬底之间的相对运动可被用来形成一帶有在刻痕区域上的大致连续线的图形。该线截面的尺寸和线的形状可通过平衡分配的速率和相对的运动来加以控制。在分配的过程中，分配器末端可固定在衬底的附近（例如，数十微米的量级）。两个形成一线图形的方法示于图 10A 和 10B。示于图 10A 和 10B 中图形是正弦曲线形；然而，也可以是其它的图形。如图 10A 和 10B 所示，连续线图形可使用一单一分配器末端 1001 或多个分配器末端 1002 而画出。

分配率 v_d ，衬底的横向相对速度 v_s ，可建立关系式如下：

$$v_d = V_d / t_d \quad (\text{分配体积/分配周期}),$$

(1)

$$v_s = L / t_d \quad (\text{线长/分配周期})$$

(2)

$$v_d = aL \quad (\text{其中, "a" 是线形的截面面积}),$$

(3)

因此，

$$v_d = av_s$$

(4)

初始线形的宽度通常可取决于分配器的末端的尺寸。末端分配器可被固定。

在一实施例中，一流体分配控制器 1111（如图 11 所示）可被用来控制流体分配的体积（ V_d ）和分配流体（ t_d ）所取的时间。如果固定 V_d 和 t_d ，增加线长则导致降低线形横截面的高度。增加图形的长度可通过增加周期性图形的螺旋频率来实现。降低图形的高度可导致在刻痕过程中被排出流体量的降低。通过使用连接到同一分配线上的多个末端，与单一分配器末端的情形相比，带有长的长度的线图形可较快地形成。在一实施例中，基于流体供应系统的位移可包括：一流体容器 1101，一入口管 1102，一入口阀 1103，一出口阀 1104，一注射器 1105，一注射器致动器 1106，一分配器末端 1107，一 X 台致动器 1109，一 Y 台致动器 1110，一分配器控制器 1111，一 XY 台控制器 1112 以及一主控制计算机 1113。基于分配器的合适的位移可由哈密顿公司（Hamilton Company）购得。

图 12 示出若干个不理想的流体图形或用于低粘度流体的分配方法。这些分配图形可导致一个或多个问题，其中包括：捕获空气气泡，局部变形，以及流体的浪费。例如，在刻痕区域 1201 的中心处分配一单一滴，或分配不规则的线 1205 可导致模板和/或衬底的局部变形。分配若干滴 1202，或呈圆周形图形的线 1206 可导致气泡的捕获。带有近似封闭圆周形图形 1204 的其它分配图形同样会导致气泡捕获。同样地，喷射或随机地布置点滴 1203 可导致气泡的捕获。用一低粘度流体回旋涂复一衬底可造成一由薄膜不稳定性引起的“反湿润”问题。反湿润可导致在衬底上形成许多小流体滴，而不是薄的均匀流体层。

在一实施例中，一流体分配方法可分配多个小的液体滴，当它们扩张时，它们后来会形成一连续体。图 13 示出使用五个液体滴的情形。这里使用五个滴，其目的仅在于说明。其它非气泡形成的图形，例如，一正弦曲线，一“W”或“X”可使用该方法来实施。当模板和衬底的间隙降低时，圆形点滴 1301 可变得越来越薄和宽，造成邻近的点滴合在一起 1302。因此，即使初始的分配可能未包括一连续的形式，但扩展的流体可从模板和衬底之间的间隙中驱逐空气。有效用于该方法的图形应该这样地分配：当液滴扩展时，它们不会在模板和衬底之间捕获任何的空气。

体积可精确地规定的小的液滴，可使用带有压力支承单元的微型电磁阀来进行分配。液体分配致动器的其它类型可包括压电致动的分配器。与位移型的

流体分配器相比，带有一微型电磁阀分配器的系统的优点可包括较快的分配时间和更精确的体积控制。这些优点对于较大尺寸的刻痕（例如，幅度达几个英寸）尤其需要。一包括微型电磁阀的系统的实施例示于图 14。该系统可包括：流体容器 1401，一入口管 1402，一入口阀 1403，一泵 1404，一出口阀 1405，一泵控制器 1406，一微型电磁阀 1407，一微型电磁阀控制器 1408，一 XY 台 1409，一 XY 台控制器 1410，以及一主控制计算机 1412。一衬底 1411 可被放置在 XY 台 1409。微型阀分配器和压电式液滴分配器可从不同的打印头制造商处购得。

可用于大型刻痕区域（例如，大于几个平方英寸）的分配图形示于图 15A。在这样一个实施例中，平行的流体线 1503 可被分配。平行的流体线 1503 可以这样的方式扩展：当模板 1501 接近衬底时，空气可从间隙中被驱逐出。为了便于按要求的方式扩展线 1503，模板 1501 可以特意的楔形结构关闭间隙（如图 15B 所示）。即，模板/衬底的间隙可沿线 1503 关闭（例如，楔形角可平行于线 1503）。

提供一良好分布的初始流体层的优点在于，模板和衬底之间的定向误差可得到补偿。这可归因于流体薄层的水力动力学和定向台的一致性。模板的下部可比模板的其它部分更早地接触分配的流体。当模板和衬底之间的间隙变得更小时，模板的下部和上部之间的不平衡的反作用力增加。这种力的不平衡可导致对模板和衬底的纠正运动，使它们趋于保持基本上的平行关系。

成功的刻痕光刻可要求精确的对齐和模板相对于衬底的定向，以扩展模板和衬底之间的间隙。本文所提供的实施例可提供在大规模制造过程中能够实现精确对齐和间隙控制的系统。在一实施例中，系统可包括一高分辨率的 XY 平移台。在一实施例中，该系统可提供一预先标定台，以在模板和衬底之间执行一初始的和过程的对齐操作，以使相对的对齐落入一微小移动定向台的运动范围内。仅在一新的模板安装入装置（有时也称之为分档器）时，可要求该预先的标定。该预先标定台可包括一底板，一挠性部件以及连接到底板和挠性部件的多个微米或高分辨率致动器。

图 16 示出一处于组装结构的 XY 平移台的实施例，一般标以标号 1600。全部的占地面积可约小于 20 英寸乘 20 英寸，高度可约为 6 英寸（包括一晶片卡

盘)。这样一个实施例可提供运动范围约为 12 英寸的 X 和 Y 轴的平移。

— XY 平移台的第二实施例示于图 17，一般标以标号 1700。为了提供一类似于 XY 台 1600 的运动范围，台 1700 可具有一占地面积约为 29 英寸乘 29 英寸，高度可约为 15 英寸（包括一晶片卡盘）。台 1600 和 1700 主要的不同之处在于，垂直地定向附加连杆 1701。

XY 台 1600 和 XY 台 1700 均为挠性系统。挠性件被广泛地应用于精密机器中，因为它们可提供无摩擦，无颗粒和低维护操作。挠性件还可提供极高的分辨率。挠性件型系统的实例公开在授予 Routson 的美国专利 4,694,703 和授予 Wyse 的 4062,600，本文援引该两专利以供参考。然而，大部分挠性件型系统可具有有限的运动范围（例如，小于毫米的运动范围）。本文公开的实施例可具有大于 12 英寸的运动范围。这样的台对于光刻应用（特别是真空）来说，可以是有成本效益的。此外，对于刻痕光刻工艺，刻痕力的存在可给予本文提供的实施例显著的优点。

一般来说，— XY 台可包括两种类型的部件：致动部件和承载部件。导螺杆组件机构已被广泛地用于定位精度不是一非常重要因素的应用中。对于高精度的应用，球螺杆组件已被用于致动和承载部件。这两种设计可倾向于轮齿隙和静摩擦的问题。此外，对润滑的要求可使这些设计在用于真空或微粒敏感的应用中显得不够理想（例如，刻痕光刻）。

此外，某些设计可利用空气轴承。空气轴承可基本上消除轮齿隙和静摩擦的问题。然而，空气轴承可提供有限的载荷承载能力。另外，空气轴承不适合用于真空环境。

图 18 示出一基本连接机构 1800 的一部分的示意图。连杆 1 (1804) 和连杆 3 (1805) 可以长度相等。当一移动物体 1801 沿 X 轴线移动时，在连接机构 1800 中的所有接头转动相同的绝对角。应该指出的是，运动范围可与连杆 2 (1803) 的长度无关。由于动力学上的约束，连杆 2 (1803) 可仍保持平行于接头 1 (1806) 和接头 4 (1807) 之间的一直线。在连接机构 1800 中，运动范围 l_m 可表达如下：

$$\begin{aligned} l_m &= 2d_1 [\cos(\theta_0 - \alpha_{\max}/2) - \cos(\theta_0 + \alpha_{\max}/2)] \\ &= 4d_1 \sin(\theta_0) \sin(\alpha_{\max}/2), \end{aligned}$$

(5)

其中，当所有的挠性件接头处于平衡条件时， θ_0 是接头 1 (1806) 的转角， α_{\max} 是挠性枢转的最大转动范围，而 d_1 是连杆 1 和 3，1804 和 1805 的长度。如方程 (5) 所示，对于给定的 d_1 ，当 $\theta_0=90^\circ$ 时，转动范围为最大。因此，连杆长度可给定如下：

$$d_1 = l_m / [4 \sin(\alpha_{\max}/2)]$$

(6)

因此，取 α_{\max} 为 60° ，则对于 12 英寸的运动范围，最小连杆长度为 6 英寸。

图 19 示出一类似于连接机构 1800 的基本连接机构的实施例，但增加两个圆柱形盘 1902。动力学研究表明，如果图 19 的接头 2 (1904) 和 3 (1905) 沿相对方向转动相同的角，则台可产生一沿 X 轴线的纯平动。在挠性接头 2 (1904) 和 3 (1905) 处增加圆柱形盘 1902，则形成的滚动接触可沿相反方向转动连杆 1 (1908) 和连杆 2 (1906)。在一实施例中，由于圆柱形盘 1902 可连接到连杆 1908 和 1906，所以不要求附加的接头或轴承。为了防止盘 1902 的滑动，可在两个盘之间施加合适的预加载。与可使用直接的从动机构或轴承的传统的台比较，这里的接触表面可以相对地小，并相当容易地保持。应该指出，尽管盘 1902 相对于 XY 台 1600 和 1700 未予示出，但盘 1902 可存在于某些实施例中。图 16 中的连杆 1602 和 1601 可对应于图 19 的连杆 1908 和 1906。因此，盘 1902 可存在于位置 1603。参照图 17，盘 1902 可存在于位置 1702 (以及在图 17 中未可见的其它位置)。

就两个台 1600 或 1700 的致动系统来说，适用两个线性伺服电机 (如图 20 所示，用标号 2000 表示)。一个线性伺服电机可沿一个平移轴线工作。合适的线性伺服电机可从 Trilogy Systems Corporation 购得。这样的线性伺服电机可以无摩擦接触。这样的线性伺服电机的另外的优点在于，它们容易地产生约大于 100 磅的致动力。因此，致动部件可提供仅控制在 X 和 Y 方向的平移运动。应该指出的是，在某些实施例中，低台的致动器比高台的致动器需要更大的动力。在某些实施例中，激光干涉仪可提供反馈信号来控制 XY 台的 XY 向的定位。可以认为激光干涉仪可提供 nm 级的定位控制。

定位误差可用激光干涉仪和高分辨率 XY 台 (诸如图 17 所示的 XY 台 1700) 来进行补偿。如果在模板和衬底之间的定向对齐与 XY 的运动无关，则定位误

差对于整个衬底晶片（即，“整体重叠”）可仅需补偿一次。如果在模板和衬底之间的定向对齐与 XY 运动连接和/或在衬底上存在过度的局部加载定向的变化，则模板相对于衬底的 XY 位置的变化可需要被补偿（即，场对场的重叠）。重叠对齐的问题在关于重叠对齐一节作进一步讨论。图 21 和 22 分别地提供整体和场对场的重叠误差补偿运算法则。

在一实施例中，模板和衬底的定向可通过下列两个台来实现，一个是预标定台（自动地，使用致动器或手动地，使用测微计），一个是微定向台（其可以是主动的或被动的）。这两个台中的一个或两个可包括其它的机构，但为了避免颗粒，可首选挠性型的机构。标定台可安装在一框架上，微定向台可安装在预标定台上。这样一个实施例因此可形成一系列的机械结构。

一微定向台可包括一个或多个从动件。一“从动件”一般可指依从别的部件而获得其运动的部件。从动件装置公开在下列的授予 De Fazio 的美国专利 4,414,750；授予 De Fazio 的美国专利 4,337,579；授予 Drake 等人的美国专利 4,155,169；授予 Nevins 等人的美国专利 4,355,469；授予 Watson 的 4,202,107；授予 Watson 的 4,098,001；本文援引上述专利全文以供参考。这就是说，运动可由与液体的直接或非直接的接触而被致动。如果微定向台是被动的，则它可设计成具有关于两个定向轴线的最主要的依从运动。两个定向轴线可以是正交，并放置在模板的下表面上（参照附图 43 所示）。两个正交的扭转从动值对于一方形的模板通常是相等的。微定向台可设计成：如果模板不平行于衬底，当其与液体接触时形成的不均匀的液体压力可迅速地纠正定向误差。在一实施例中，该纠正可受到最小或无超调的影响。而且，一如上所述的微定向台可在一足够长的时间段内在模板和衬底之间保持基本平行的定向，以使液体得以固化。

在一实施例中，一微定向台可包括一个或多个致动器。例如，压电致动器（参照图 46 所述）较为合适。在这样一个实施例中，连接到预标定台上的微定向台的有效被动的依从，仍基本上关于两个定向轴线。所有结构件和主动件的几何和材料参数一起有助于该有效的被动刚度。例如，压电致动器也可依从于张力和压力。综合几何和材料的参数，以获得所要求的关于两个定向轴线的扭转依从运动。一种简单的综合方法是，使致动器在微定向台内沿其致动方

向的从动大于台的系统的其余部分内的结构上的从动。当非平行的模板与衬底上的液体接触时，这可提供被动的自纠能力。此外，应选择这种从动以最小或无超调的方式迅速地纠正定向误差。微定向台可在一足够长的时间段内在模板和衬底之间保持基本平行的定向，以使液体得以固化。

重叠对齐方案可包括对对齐误差的测量及其后对这些误差的补偿，以达到刻痕模板的精确对齐，以及在衬底上的理想的刻痕定位。用于接近光刻，x 线光刻和光学光刻（例如，激光干涉仪，容性检测，在掩模和衬底上的重叠标志的自动图像处理）的测量技术，对于刻痕光刻工艺可修改成合适的改型。使用储存图像的重叠对齐的方法和系统公开在美国专利 5, 204, 739，本文援引该专利全文以供参考。

光刻工艺的重叠误差的类型可包括定位误差， θ 误差，放大误差和掩模变形误差。本文公开的实施例的优点在于，由于所公开的工艺过程可在相当低的温度（例如，室温）和低压下进行操作，所以掩模的变形误差可以不存在。因此，这些实施例可不包括显著的变形。此外，这些实施例可使用由相当厚的衬底组成的模板。这可导致比使用由相当薄衬底组成的掩模的刻痕光刻工艺远小得多的掩模（或模板）变形误差。而且，用于刻痕光刻工艺的模板的全部区域对于固化媒体（例如，紫外线光）可为透明的，这可最大程度地减小因从固化媒体中吸收能量而引起的热。在光学光刻工艺中，掩模的底表面的大部分因金属涂层的存在而变得不透明，与这种光学的光刻相比，热量的减少可使热致变形的发生减少到最少。

定位误差通常可指模板和衬底之间的 XY 的定位误差（即，沿 X 和/或 Y 轴线的平移）。 θ 误差通常可指关于 Z 轴线的相对定位误差（即，绕 Z 轴线的转动）。放大误差通常可指因热、光或材料引起的刻痕区域相对于模板上的原始图形区域的收缩或膨胀。

在刻痕光刻工艺中，用于控制模板和衬底之间的间隙为目的的定向对齐对应于图 23 中的角 α 和 β ，如果在衬底上存在过度的场对场的表面变化，则可要求经常地执行上述的定向对齐。一般来说，要求在刻痕区域上的变化约小于刻痕容貌高度的一半。如果，定向对齐连接到模板和衬底的 XY 的定位上，则场对场的定位误差需要进行补偿。然而，本文提供的定向台的实施例，它可无

定位误差地执行定向对齐。

使用聚焦透镜系统的光学光刻工艺可这样定位掩模和衬底：它可将两个对齐标志（一个在掩模上，另一个在衬底上）的图像定位到同一聚焦平面。通过在这些对齐标志的相对定位上的观察，可引起对齐误差。在刻痕光刻工艺过程中，在重叠误差的测量过程中，模板和衬底保持一相当小的间隙（微米或不到微米的量级）。因此，可需要使用重叠误差测量工具，将从不同平面的两个重叠标志聚焦到同一的聚焦平面。这样的要求对于带有相当大容貌（例如，约为 $0.5\ \mu\text{m}$ ）的器件，不是关键的。然而，对于不到 100nm 的区域的容貌却是关键的，两个重叠标志的图像应被捕捉在同一聚焦平面上，以达到高分辨率的重叠误差测量。

因此，用于刻痕光刻工艺的重叠误差测量和误差补偿方法应满足下列要求：

1. 重叠误差测量工具应能聚焦两个不在同一平面内的两个重叠标志；
2. 重叠误差纠正工具应能在模板和衬底之间存在有流体薄层的情况下，沿 X 和 Y 相对地移动模板和衬底；
3. 重叠误差纠正工具应能在模板和衬底之间存在有流体薄层的情况下，补偿 θ 误差；以及
4. 重叠误差纠正工具应能补偿放大误差。

上述第一要求可通过下列方式得以满足：1) 上下移动一光学成像工具（如美国专利 5,204,739）或 2) 使用带有两个不同波长的照明光源。对于这些方法，了解模板和衬底之间的间隙测量是有用的，特别是对于第二方法。模板和衬底之间的间隙可使用现有的非接触膜厚度测量工具之一来进行测量，上述测量工具包括宽带干涉仪，激光干涉仪和容性传感器。

图 24 示出模板 2400，衬底 2401，流体 2403，间隙 2405 以及重叠误差测量工具 2402。根据间隙信息来调整测量工具的高度 2406，以获得两个重叠标志在同一成像平面上。为了实现该方法，要求有一图像储存装置 2407。此外，模板和晶片的定位装置在振动上与测量装置 2402 的上下运动相隔离。而且，当在模板和衬底之间沿 XY 方向的扫描运动需要有高分辨率的重叠对齐时，该方法不会产生连续的重叠标志的图像。因此，该方法可适用于刻痕光刻工艺的相对低分辨率的重叠对齐方案。

图 25 示出一用于将从不同平面的两个对齐标志聚焦到一单一的聚焦平面的装置。装置 2500 可使用用于照明光源的具有独特波长的光引起的焦距的变化。装置 2500 可包括一图像储存装置 2503，照明光源（未示出）以及一聚焦装置 2505。通过使用个别的光源或使用单个宽带光源，并在成像平面和对齐标志之间插入光学带通滤光片，可产生具有独特波长的光。根据模板 2501 和衬底 2502 之间的间隙，可选择不同组的两个波长来调整焦距。在各个照明下，如图 26 所示，各重叠标志可在成像平面上产生两个图像。第一图像 2601 可以是清晰的聚焦图像。第二图像 2602 可以是未聚焦的图像。为了消除各不聚焦的图像，可使用若干种方法。

在第一种方法中，在第一波长光的照明下，两个图像可被一成像列阵（例如，一 CCD 列阵）接纳。被接纳的图像示于图 26，并一般地标以标号 2604。图像 2602 可对应于在衬底上的重叠对齐标志。图像 2601 可对应于在模板上的重叠对齐标志。当图像 2602 聚焦时，图像 2601 会不聚焦，反之亦然。在一实施例中，可使用一图像处理技术来去除对应于与图像 2602 相关的像素的几何数据。因此，可消除衬底标志的不聚焦的图像。使用同样的程序和一第二波长的光，可在成像列阵上形成图像 2605 和 2606。该程序可消除不聚焦的图像 2606。这样，可仍保持图像 2605。然后，两个余下的聚焦的图像 2601 和 2605 组合在一单一的成像平面 2603，以形成重叠误差测量。

如图 27 所示，一第二种方法可使用两个共面的偏振列阵，以及一偏振的照明光源。图 27 示出重叠标志 2701 和正交的偏振列阵 2702。偏振列阵 2702 可做模板的表面上，或放置在其上。在两个偏振照明光源下，在成像平面上仅可呈现一个聚焦图像 2703（各对应于独特的波长和偏振）。因此，不聚焦的图像可通过偏振列阵 2702 被过滤掉。这种方法的优点在于，它可不要求有一图像处理技术来消除不聚焦的图像。

应当指出的是，如果模板和衬底之间的间隙在重叠测量过程中太小，由于静摩擦或薄层的剪切力的增加，误差纠正变得困难。此外，如果间隙过大，模板和衬底之间的不理想的垂直运动可引起重叠误差。因此，应确定模板和衬底之间的优化的间隙，其中，可进行重叠误差测量和纠正。

莫里 (Moire) 图形型重叠测量已被用于光学光刻工艺过程。对于刻痕光刻

工艺，其中，两层莫里（Moire）图形不在同一平面内，但仍重叠在成像列阵，要求有两个各自的聚焦图像难于实现。然而，在光学测量工具的焦距深度内，小心地控制模板和衬底之间的间隙，以及模板和衬底之间无直接的接触，可在最少的聚焦问题的情形之下，同时获得两层莫里（Moire）图形。可以认为，其它的根据莫里（Moire）图形的标准重叠方案可被直接地实施到刻痕光刻工艺过程。

使用容性传感器或激光干涉仪来定位高分辨率的 XY 台的衬底，以及这些 XY 台的高分辨率的运动。在一实施例中，其中，模板和衬底之间的定向对齐与 X-Y 运动无关，对于整个衬底（例如，半导体晶片）定位误差仅需补偿一次。这种方法可被称之为“整体重叠”。如果在模板和衬底之间的定向对齐与 XY 运动连接和在衬底上存在过度的局部加载定向的变化，则模板的 XY 位置的变化可使用容性传感器和/或激光干涉仪来补偿。这样的方法可被称之为“场对场的重叠”。图 28 和 29 示出合适的传感器的实施例。图 28 示出一容性检测系统的实施例。容性检测系统可包括容性传感器 2801，在模板 2803 上的导电涂层 2802。因此，通过检测电容的差值，可确定模板 2803 的位置。同样地，图 29 示出一包括反射涂层 2901，接收在 2903 的激光信号的激光干涉仪系统的实施例。被接收器 2903 接收的激光信号可用来确定模板 2904 的位置。

放大误差（如果存在的话）可通过小心地控制衬底和模板的温度来进行补偿。使用衬底和模板的热膨胀性质的差异，在衬底上的预先存在的图形区域的尺寸可被调整到一新的模板的尺寸。然而，可以认为，如果刻痕光刻工艺过程在室温和低压下进行，放大误差的幅值可远比定位误差或 θ 误差小。放大误差也可通过使用这里所公开的应力型方法来进行补偿。

θ 误差可通过使用广泛用于光学光刻工艺中的 θ 台来进行补偿。 θ 误差可通过使用被足够大的距离分隔开的以提供高分辨率的 θ 误差值的两个分开的标志来进行补偿。在固化液体之前，当模板离衬底定位成几个微米或不到几微米时， θ 误差可进行补偿。

在使用紫外线固化液体材料的刻痕光刻工艺过程中，涉及重叠对齐的另一个问题是对齐标志的可见性。对于重叠误差测量，可使用两个重叠标志，一个在模板上，另一个在衬底上。然而，由于可能要求模板透明于一固化媒体，所

以，模板重叠标志通常不包括不透明线。相反，模板重叠标志可以具有模板表面的地形容貌。在某些实施例中，标志可用与模板相同的材料制成。此外，紫外线固化液体可趋于具有类似于模板材料（例如，晶体）的折射率。因此，当紫外线固化液体填充模板和衬底之间的间隙时，模板重叠标志变得非常难于识别。如果模板重叠标志由不透明材料（例如，铬）制成，则在重叠标志之下的紫外线固化液体不能适当地暴露在紫外线下，这种情况是非常不理想的。

本文公开两种方法来克服存在有液体的情况下识别模板重叠标志的问题。第一种方法使用一连同高分辨率的间隙控制台的精确液体分配系统。本文公开合适的液体分配系统和间隙控制台。为了说明起见，重叠对齐的三个布骤示于图 30。示于图 30 中的重叠标志和流体的图形，仅是为了说明的目的，不能认为有限制的含义。其它各种重叠标志、重叠标志的位置和/或液体分配图形也是可能的。首先，在步骤 3001，一液体 3003 可分配到衬底 3002 上。在步骤 3004，使用一高分辨率的定向台，小心地控制模板 3005 和衬底 3002 之间的间隙，以使分配的流体 3003 不完全地填充模板和衬底之间的间隙。可以认为，在步骤 3004，间隙可仅略大于最后的刻痕间隙。由于大部分间隙被填充流体，可进行重叠的纠正，似乎间隙被完全地填充以流体。放置重叠标志，使流体在该第一位置不覆盖它们。重叠纠正一完成，间隙即可关闭成最后的刻痕间隙（步骤 3006）。这可使液体散布到其余的刻痕区域，其中包括覆盖对齐标志。由于间隙在步骤 3004 和 3006 之间的变化可以很小（例如，约为 10nm），所以，间隙的关闭运动不可能造成任何显著的重叠误差。

第二种方法可使用在模板上的特殊的重叠标志，这可从重叠测量工具中看到，但对固化媒体（例如，紫外线光）不可不透明。该方法的一实施例示于图 31。在图 31 中，代替完全不透明线的是，在模板上的重叠标志 3102 可形成为微小偏振线 3101。例如，合适的微小偏振线可具有约为用于固化媒体中的触发光的波长的 $1/2$ 至 $1/4$ 的宽度。偏振线 3101 的微小宽度应足够小，以使通过两线之间的触发光充分衍射，致使在线下的所有液体得以固化。在这样一个实施例中，触发光可根据重叠标志 3102 的偏振而被偏振。偏振触发光可提供对包括具有重叠标志 3102 的区域的模板区域的相当均匀的暴光。用来定位模板上的重叠标志 3102 的分析光可以是宽带光或特定的不会固化液体材料的

波长。该光不需被偏振。偏振线 3101 对于分析光可以基本上不透明，因此，使用建立起来的重叠误差测量工具，使重叠标志变得可见。微小偏振重叠标志可使用诸如电子束光刻的现有技术模板上进行加工。

在一第三实施例中，重叠标志可用不同于模板的材料制成。例如，选择来形成模板重叠标志的材料可基本上对于分析光（例如，可见光）不透明，但对于用于固化媒体（例如，紫外线光）的触发光透明的。例如， SiO_x 可形成这种材料，其中， x 小于 2。特别是，可以认为，由 SiO_x 形成的结构，其中， x 约为 1.5，基本上对于可见光是不透明的，但对于紫外线光是透明的。

图 32 示出一组系统，一般标以标号 100，其用于绕一被刻痕的衬底（诸如，衬底 20）标定和定向模板（诸如，模板 12）。系统 100 可被用于一诸如分档器之类的机器，以在使用如上所述的刻痕光刻工艺过程的生产环境中大规模制造器件。如图所示，系统 100 可安装在顶框架 110 上，框架为外壳 120 提供支承。外壳 120 可包括预标定台，该标定台用来绕一衬底对齐一模板 150（在图 32 未示出）。

外壳 120 可连接到一中间框架 114，使导向轴 112a, 112b 连接到与外壳 120 相对的中间框架 114 上。在一实施例中，可使用三个导向轴（后面的导向轴在图 32 中未可见），在模板 150 的垂直平动过程中，随着其上下滑动，提供对外壳 120 的支承。围绕中间框架 114 而连接到对应导向轴 112a, 112b 上的滑动件 116a 和 116b 可便于外壳 120 的这种上下运动。

系统 100 可包括连接到外壳 120 底部上的盘形挠性环 124。挠性环 124 可支承放置在下面的定向台，其包括第一挠性件 126 和第二挠性件 128。挠性件 126, 128 的操作和结构将在下文中作详细讨论。如图 33 所示，第二挠性件 128 可包括一模板支承 130，它在刻痕工艺过程中夹持模板 150 就位。通常，模板 150 可包括一块其上刻痕所要求的容貌的晶体。根据众所周知的方法，模板 150 还可包括其它物质。

如图 33 所示，致动器 134a, 134b, 134c 可固定在外壳 120 内，并可操作地连接到底板 122 和挠性环 124。在操作中，控制致动器 134a, 134b, 134c，使挠性环 124 实现运动。致动器的运动可允许粗糙的预标定。在某些实施例中，致动器 134a, 134b, 134c 可包括高分辨率的致动器。在这样的实施例中，致

动器可均等地分布在外壳 120 的周围。这样一个实施例可允许环 124 沿垂直方向的非常精确的平移，从而精确地控制间隙。因此，系统 100 能实现粗糙的定向对齐和相对于被刻痕的衬底精确控制模板 150 的间隙。

系统 100 可包括一能精确地控制模板 150 的机构，这样，可实现精确的定向对齐，并且由模板保持相对于衬底表面的均匀的间隙。此外，系统 100 可提供一种在刻痕之后从衬底表面分离模板 150 而不会剪坏衬底表面上的容貌的方法。通过第一和第二挠性件 126 和 128 的结构，可分别容易地实现精确对齐和间隙控制。

在一实施例中，使用一对于如图 51 所示的固化媒体为透明的、分离的固定支承板 5101，可将模板 5102 夹持就位。在各种实施例中，支承板可由晶体、蓝宝石或二氧化硅制成。尽管在模板 5102 之后的支承板 5101 可支承刻痕力，但施加在固定的支承板 5101 和模板 5102 之间的真空可支承分离的力。此外，真空可用来将支承板连接到模板夹持器的本体上。为了支承模板 5102 能对付横向力，可使用压电致动器 5103。横向支承力可使用压电致动器 5103 进行小心的控制。这种设计还可对在刻痕光刻工艺过程中的层对层对齐，提供放大和变形纠正的能力。变形纠正对于克服存在于由电子束光刻制成的模板结构中的压合和定位误差，并补偿存在于衬底上的先前结构内的变形，是十分重要的。放大纠正可仅要求在模板的各侧的一个压电致动器（即，对于四边的模板，总共 4 个压电致动器）。诸致动器可连接到模板的表面，以使均匀力可作用到整个表面。另一方面，变形纠正，可要求若干个独立地在模板各侧上施加控制力的独立的压电致动器。根据要求的变形控制的水平，可规定独立压电致动器的数量。压电致动器数量越多，则可提供的变形控制也就越好。放大和变形误差的纠正应在使用真空来约束模板的顶表面之前完成。这是因为放大和变形纠正仅在模板的顶和底表面均未被约束时，才可被适当地控制。在某些实施例中，图 51 的模板夹持器系统可具有致使阻碍固化媒体到模板 5102 下面的区域的一部分的机械设计。因为模板 5102 下面的液体的一部分不固化，所以，这种情况是不理想的。该液体可粘到模板上，导致进一步使用模板的诸问题。与模板夹持器相关的问题可通过纳入一组镜面到模板夹持器而得以避免，诸镜面转移被阻碍的固化媒体，以使被引导到模板 5102 一边缘下面的固化媒体能发生弯

曲面固化模板 5102 的其它边缘下面的被阻碍部分。

在一实施例中，通过设计一模板，使衬底和模板之间的最小间隙落入检测工艺的使用范围内，则可实现高分辨率的间隙检测。被测量的间隙可独立于实际图形的表面来操作。这可允许在检测工艺的使用范围内进行间隙控制。例如，如果使用有效检测范围约为 150nm 至 20 微米的光谱反射系数分析技术来分析该间隙，则模板可具有图形深入深度达约 150nm 和更深的特征。这可以确保待检测到的最小间隙大于 150nm。

由于模板是向下朝向衬底的，因而液体从衬底与模板之间的间隙中挤出。当黏滞力与所施加的压缩力接近平衡时，衬底和模板之间的间隙会接近一个较小的实际极限值。这可在模板的表面紧靠衬底时发生。例如，这种状况可以是这样：对于 1cP 的流体在约 100nm 的间隙高度下，对 1cm 半径的模板施加 14KPa 力达 1 秒。其结果，假若保持均匀和平行的间隙，则间隙可以是自限的。此外，还可逐出（或夹带）一相当的可预测的流体量。夹带走的流体体积可根据仔细的流体动力学和表面现象的计算进行预测。

对于大规模的刻痕图形，可要求控制模板相对于衬底的倾斜和间隙。为了实现定向和间隙控制，可使用由结合间隙检测工艺的刻线加工工艺制造的模板，所述检测工艺诸如：1) 单波长干涉测量法，2) 多波长干涉测量法，3) 椭圆光度法，4) 容性传感器，或 5) 压力传感器。

在一实施例中，可使用一种检测模板和衬底之间的间隙的方法，来计算衬底上膜的厚度。本文公开一种基于快速福利埃变换 (FFT) 的技术，其从一宽带的光谱仪获得反射数据来进行快速福利埃变换。使用这种技术可测量模板和衬底之间的间隙，以及测量膜的厚度。对于多层膜，该技术可提供各薄膜的一平均厚度及其厚度的变化。此外，通过测量通过一个表面的最少的、独特的三点的间隙，可获得平均间隙和两个靠近表面之间的定向信息（诸如用于刻痕光刻工艺过程的模板和衬底的信息）。

在一实施例中，一间隙测量过程可根据宽带干涉测量法和快速福利埃变换法的结合来进行。目前工业界的好几种应用，对宽带干涉测量使用各种曲线拟合技术来测量单层膜的厚度。然而，可以预料这种技术不能提供间隙的实时测量，特别在刻痕光刻工艺过程中的多层膜的情形下。为了克服这种问题，首先，

反射率可在 $1/\lambda_{\text{high}}$ 和 $1/\lambda_{\text{low}}$ 之间的波数域内进行数字化。然后，利用 FFT 运算法则对数字化的数据进行处理。这种新颖的方法可得出精确地与测量的间隙对应的 FFT 信号的清晰的峰值。对于两层膜的情形，FFT 信号可得出与各层的厚度线性相关的两个清晰的峰值。

对于光学薄膜，反射率的震荡对于波数 (w) 而不是对波长 (λ) 显示周期性，在光学单薄膜的反射率的情形下，可用下列方程式表示：

$$R = \frac{\rho_{1,2}^2 + \rho_{2,3}^2 e^{-2\alpha d} - 2\rho_{1,2}\rho_{2,3}e^{-\alpha d} \cos(4\pi nd / \lambda)}{1 + (\rho_{1,2}\rho_{2,3})^2 e^{-2\alpha d} + \rho_{1,2}\rho_{2,3}e^{-\alpha d} \cos(4\pi nd / \lambda)}, \quad (7)$$

其中， $\rho_{i,i+1}$ 是在 $i-1$ 的界面和 i 界面的反射率系数， n 是折射率， d 是膜（图 52 的材料 2）的测量厚度，以及 α 是膜（图 52 的材料 2）的吸收系数。这里， $w=1/\lambda$ 。

归因于该特性曲线，福利埃分析对确定自变量为 w 的函数 R 的周期是有用技术。应当指出的是，对于单薄膜，当求出 $R(w)$ 的福利埃变换时，则得到清晰定义的单峰值 (p_1)。膜厚度 (d) 是该峰值位置的函数，用下式表示：

$$d = p_1 / (\Delta w \times 2n), \quad (8)$$

其中， $\Delta w = w_f - w_s$ ； $w_f = 1/\lambda_{\text{min}}$ 和 $w_s = 1/\lambda_{\text{max}}$ 。

FFT 是以有效的计算方式计算离散信号的频率的一种确定的技术。因此，该技术可用于原地分析和实时应用。图 34 示出通过对一反射率信号的 FFT 处理，膜厚度或间隙测量的流程的实施例。对于带有独特反射率的多层膜，FFT 处理中的峰值位置可与各膜厚度的线性组合相对应。例如，一两层膜可导致 FFT 分析中的两个独特的峰值位置。图 35 示出根据两个峰值位置确定两个膜的厚度的方法。

本文提供的实施例，在即使反射率数据的震荡在测量的波数范围内包括不到一个满周期，也可测量一间隙或膜厚度。在这种情形下，FFT 可导致一不精确的峰值位置。为了克服这个问题和扩展可测量膜厚度的下限，本文公开一种新颖的方法。不使用 FFT 的运算法则来计算震荡的周期，可采用求 w_s 和 w_f 之间的反射率的局部最小值 (w_1) 或最大值 (w_2) 点的运算法则，来计算信息周期：在 w_1 和 w_2 处， $dR/dw=0$ 。方程 7 的反射率 $R(w)$ 在 $w=0$ 时具有最大值。此外，典型的光谱仪的波数范围 (Δw) 可大于 w_s 。对于波长范围为 200nm—800nm 的光谱仪， $\Delta w=3/800$ ，而 $w_s=1/800$ 。因此， $0-w_s$ 之间的反射率数据的震荡

长度可小于 Δw 的长度。如图 36 所示，在给定 $w=0$ 是 $R(w)$ 的最大点时， Δw 范围内的最小值和最大值的位置，存在有两种情况。因此，膜厚度可计算如下：

- 情形 1WW0：在 w_1 时，有局部最小值。因此， w_1 =周期震荡的一半，且由此得 $d=0.5/(w_1 \times 2n)$ 。

- 情形 2WW1：在 w_2 时，有局部最大值。因此， w_2 =周期震荡的一个周期，且由此得 $d=1/(w_1 \times 2n)$ 。

一种实用的测量工具的结构可包括一宽带的光源，一带有光纤的光谱仪，一数据采集板，以及一处理计算机。现有的若干个信号处理技术可提高 FFT 数据的灵敏度。例如，这些技术包括（但不限于）：过滤、放大、增加数据点、不同的波长范围等，所述技术可用于本文公开的间隙或膜厚度测量方法中。

本文公开的实施例包括在两个平板（例如，一模板和一衬底）之间的高精度间隙和定向测量的方法。这里提出的间隙和定向的测量方法包括宽带干涉测量法和边缘干涉测量法的使用。使用宽带干涉测量法来检测间隙的方法和系统，公开在授予 Ledger 等人的美国专利 5,515,167；授予 Chalmers 的 6,204,922；授予 Buermann 等人的 6,128,085；以及授予 Li 等人的 6,091,485，本文援引其所有全文以供参考。在一实施例中，使用宽带干涉测量法的本文公开的一方法，可克服宽带干涉测量法的不足，即，其不能精确地测量约小于宽带信号的平均波长的 $1/4$ 的间隙。边缘干涉型的干涉测量法可用来在模板安装后立即进行模板定向中检测误差。

刻痕光刻工艺可用来制造单层或多层的器件。诸如微米大小的光学镜、高分辨率的光过滤器、光导之类的单层器件，可通过在衬底上形成一定几何形状的材料薄层得以制造而成。这些器件中的某些器件的刻痕层厚度，可小于宽带信号的平均波长的 $1/4$ ，且在活性区域上可以是均匀的。宽带干涉测量法的缺点在于，它不能精确地测量小于宽带信号的平均波长（例如，约 180nm）的约 $1/4$ 的间隙。在一实施例中，需精确测量的微米大小的台阶，可蚀刻到模板的表面内。如图 37 所示，台阶可以在测量处的连续线 3701 或隔离的多点 3702 的形式进行蚀刻。从最大程度地利用模板上的有用的活性区域的观点来看，隔离的点 3702 的方式是较佳的。当图形的模板表面离衬底仅是几个毫微米时，一宽带干涉测量法可精确地测量该间隙，而不会遭受最小间隙测量的问题。

图 38 示出这里所述的间隙测量的示意图。探针 3801 也可用在如图 39 所示的倾斜的结构。如果使用三个以上的探针，通过使用多重的信息，间隙测量的精度可以得到提高。为简单起见，下面的介绍假定采用三个探针。为了说明的方便，台阶的尺寸 h_s 已被放大。在图形区域的平均间隙 h_p 可由下式得出：

$$h_p = [(h_1 + h_2 + h_3) / 3] - h_s, \quad (9)$$

当探针的位置为已知 (x_i, y_i) 其中 x 和 y 轴在衬底表面上) 时，模板相对于衬底的相对定向，可表示为一单位矢量 (n) ，其相对于位于衬底顶表面上的 x - y 轴的坐标架，垂至于模板的表面。

$$n = r / ||r|| \quad (10)$$

其中， $r = [(x_3, y_3, h_3) - (x_1, y_1, h_1)] \times [(x_2, y_2, h_2) - (x_1, y_1, h_1)]$ 。
当 $n = (0 \ 0 \ 1)^T$ ，或 $h_1 = h_2 = h_3$ 时，两个平板之间可达到完全的定向对齐。

测得的间隙和定向可用作对刻痕致动器的反馈信息。测量的宽带干涉测量束的大小可小到约 $75 \mu\text{m}$ 。对于实际的刻痕光刻工艺，由于没有图形可蚀刻到清晰区域，所以，要求尽可能减小仅用于测量间隙的清晰区域。此外，也应最大程度地减小因测量工具的存在引起的对固化媒体的阻塞。

图 40 示出在衬底上的多层材料的示意图。例如，衬底 4001 具有层 4002 和 4003，以及衬底 4001 和模板 4004 之间的流体 4005。这些材料层可用来沿垂直方向一个接一个地将多图形迁移到衬底表面。在使用光束 4006 进行间隙测量的清晰区域，每个厚度是均匀的。业已表明，利用宽带干涉测量法可精确地测量存在有多层膜的顶层的厚度。当精确地已知下层膜的光学性质和厚度时，模板和衬底表面（或对于多层器件的金属沉积表面）之间的间隙和定向信息，可通过测量顶层的厚度来获得。各层的厚度可利用同样的检测探针进行测量。

当一新的模板安装，或一机器部件重新构造时，要求进行定向测量及相应的标定。模板 4102 和衬底 4103 之间的定向误差可通过在模板和衬底交界面处的干涉边缘图形进行测量（如图 41 所示）。对于两个光学平板，干涉边缘图形可呈现为平行的暗和亮的条纹 4101。可用如本文所公开的一预标定台进行定向标定。可使用差动测微计来调整模板相对于衬底表面的相对定向。采用这种方法，如果不存在干涉边缘条纹，则定向误差可纠正至小于所用光源波长的 $1/4$ 。

参照图 42A 和 42B, 其中分别较详细地示出第一和第二挠性件 126 和 128 的实施例。具体来说, 第一挠性件 126 可包括多个连接到对应刚性体 164, 166 的挠性接头 160。挠性接头 160 和刚性体 164 和 166 可形成从框架 170 延伸的臂 172, 174 的一部分。挠性框架 170 可具有一开口 182, 它允许固化媒体(例如, 触发光)和检测媒体(例如分析光)穿过而到达夹持在支承 130 中的模板 150。在某些实施例中, 4 个挠性接头 160 可提供挠性件 126 绕第一定向轴线 180 的运动。第一挠性件 126 的框架 170 可提供一连接第二挠性件 128 的偶联机构(如图 43 所示)。

同样地, 第二挠性件 128 可包括一对从框架 206 延伸的臂 202, 204。臂 202 和 204 可包括挠性接头 162 和对应的刚性体 208, 210。刚性体 208 和 210 可适于致使挠性件 128 绕第二定向轴线 200 的运动。一模板支承 130 可与第二挠性件 128 的框架 206 连接成一体。如框架 182 那样, 框架 206 可具有一开口 212, 它允许固化媒体和检测媒体到达夹持在支承 130 中的模板 150。

在操作中, 第一挠性件 126 和第二挠性件 128 可如图 43 所示连接而形成定向台 250。为了便于两个零件的连接, 提供支架 220, 222, 以使第一定向轴线 180 和第二定向轴线 200 基本上互相正交。在这样的结构中, 第一定向轴线 180 和第二定向可大约在模板和衬底交界面 254 处相交于枢转点 252。第一定向轴线 180 和第二定向轴线 200 互相正交并位于交界面 254 上的事实, 可提供微对齐和间隙控制。具体来说, 采用这种结构, 可实现从层对层的重叠对齐中退耦到定向对齐。而且, 如下面所述, 第一定向轴线 180 和第二定向轴线 200 的相对位置可提供一定向台 250, 它可用来从衬底上分离模板 150, 且不会剪坏所要求的容貌。因此, 从模板 150 上迁移的容貌可在衬底上仍保持完好无损。

参照图 42A, 42B 和 43, 挠性接头 160 和 162 可刻槽形, 以提供刚性体 164, 166, 208, 210 绕位于槽形的最薄截面内的枢转轴线的运动。该结构可提供两个挠性的、用于具有退耦从动运动轴线 180, 200 的微退耦定向台的副系统。挠性件 126, 128 可通过配合表面进行安装, 这样, 模板 150 的运动可绕枢转点 252 发生, 基本上消除“摆动”和可能会剪坏衬底上的刻痕容貌的其它运动。因此, 定向台 250 可精确地绕一枢转点 252 移动模板 150, 消除剪坏刻痕光刻后的衬底上的所要求容貌的现象。

参照图 44, 在系统 100 的操作过程中, 一 Z 向平移台 (未示出) 可控制模板 150 和衬底之间的距离, 而不提供定向对齐。一预标定台 260 可执行模板 150 和衬底表面之间的预对齐操作, 以使相对对齐落入到定向台 250 的运动范围限值内。在有些实施例中, 仅当一新模板安装入机器时, 才要求有预标定。

参照图 45, 其中示出一挠性模型, 一般标以标号 300, 其目的用来理解诸如定向台 250 的一微退耦定向台的操作原理。挠性模型 300 可包括四个平行接头: 接头 1, 2, 3 和 4, 它们在其名义的和转动的构造中提供一四连杆系统。线 310 可通过接头 1 和 2。线 312 可通过接头 3 和 4。选择角 α_1 和 α_2 , 使从动对齐轴线 (或定向轴线) 基本上位于模板-晶片交界面 254 上。对于微定向变化, 接头 2 和 3 之间的刚性体 314 可绕一轴线 (以 C 点表示) 转动。刚性体 314 可代表挠性件 126 和 128 的刚性体 170 和 206。

正交于第一挠性部件, 安装一第二挠性部件 (如图 43 所示), 可提供这样的装置: 其两个退耦定向轴线互相正交且位于模板-衬底交界面 254 上。挠性部件可适于具有允许固化媒体 (例如, 触发光) 和检测媒体 (例如分析光) 通过模板 150 的开口。

定向台 250 能使模板 150 相对于衬底作微对齐和精确运动。理想的情况是, 定向调整可导致在交界面上可忽略的横向运动, 以及因可选择约束的高结构刚度引起的、绕垂直于交界表面的可忽略的扭转运动。带有挠性接头 160, 162 的挠性件 126, 128 的另一个优点在于, 它们不会产生如摩擦接头那样可能产生的颗粒。这对于颗粒会特别地有害于工艺过程的刻痕光刻工艺的成功, 会是一重要的因素。

由于间隙控制的需要, 本文提供的实施例可要求提供有能测量模板和衬底之间的 500nm 和更小量级的小间隙的检测方法。这样的间隙检测方法可要求约为 50 毫微米或更小的分辨率。这样的间隙检测理想地是实时提供。提供实时的间隙检测会使间隙检测用来产生一反馈信号, 以便有效地控制致动器。

在一实施例中, 可设置有一具有活性从动件的挠性件。例如, 图 46 示出一包括有压电致动器的挠性件 400。挠性件 400 可与一第二挠性件组合而形成一活性的定向台。挠性件 400 可在模板-衬底的交界面上产生纯倾斜运动而无横向运动。使用这样的—个挠性件, 一单一的重叠对齐台可允许对整个半导体晶

片上的一层进行刻痕。这与带有定向和横向运动之间的偶联运动的重叠对齐形成对比。这样的重叠对齐台可导致对 X-Y 对齐的扰动，因此，会要求一复杂的场对场的重叠控制回路来保证合适的对齐。

在一实施例中，挠性件 250 可具有沿不要求侧向运动和转动的方向的高的刚度，以及沿要求有必须的定向运动的方向的低刚度。这样一个实施例可提供有选择的从动装置。这就是说，挠性件 250 可支承相当高的载荷，同时，在模板和衬底之间实现合适的定向动力特性。

对于刻痕光刻，要求在两个接近的平表面（即，模板和衬底）之间保持一均匀的间隙。模板 150 可由光学平板玻璃制成，以确保其在底面上的基本平坦。模板可使用电子束光刻形成图形。然而，衬底（例如，一半导体晶片）可显示一导致在其地形上微米级变化的“土豆片”效应。真空卡盘 478（如图 47 所示）可消除在刻痕过程中可能发生的在衬底表面上的变化。

真空卡盘 478 可达到两个基本目的。第一，真空卡盘 478 可用来在刻痕过程中夹持衬底就位，并确保衬底在刻痕过程中保持平坦。此外，真空卡盘 478 可确保在刻痕过程中无颗粒存在在衬底的背面。因为背侧的颗粒可形成损坏器件和降低产量的平整性的问题，所以，这一点对于刻痕光刻是特别重要的。图 48A 和 48B 示出适合于根据两个实施例的这些目的的一真空卡盘的变体。

在图 48A 中，一销型的真空卡盘 450 显示为具有多个销 452。可以认为，真空卡盘 450 可消除“土豆片”效应，以及在刻痕光刻过程中衬底上的其它变形。一真空卡盘 454 可设置成为一对衬底施加真空并将其保持就位的装置。保持诸销 452 之间的间隔，这样，衬底将基本上不会因通过真空通道 454 施加的力而发生弯曲。在此同时，销 452 的末端可做成足够小，以减少颗粒设定在它们顶上的机会。

图 48B 示出一在其表面带有多槽 462 的槽型真空卡盘 460。槽 462 可执行与销型真空卡盘的销 454 类似的功能。如图所示，槽 462 可呈一壁形 464 或一光滑的弧形截面 466。用于槽型真空卡盘 462 的槽 462 的截面可通过蚀刻工艺进行调整。再者，各槽的空间和大小可以小到几百个微米。流到各槽 462 的真空可通过与卡盘表面平行走向的多槽上的细微真空通道得以提供。沿槽形成的细微真空通道可通过蚀刻工艺制成。

图 47 示出销型真空卡盘 450 和槽型真空卡盘 460 的制造过程。使用光学平板 470，对于这种过程，不需另外的磨和/或抛光的步骤。在光学平板 470 上的确定部位钻孔可产生真空流动孔 472。然后，在蚀刻 476 之前，光学平板 470 可进行掩模和制图，以在光学平板的上表面上形成所要求的容貌（例如，销或槽）。光学平板 470 的表面然后可用熟知的方法进行处理。

如上所述，从刻痕层上分离模板 150，在刻痕光刻的工艺过程中是关键和最后的步骤。因为模板 150 和衬底可以几乎完全平行，所以，模板、刻痕层和衬底的组合导致接近的光学平板之间的基本上的均匀接触。这样一个系统通常要求有一大的分离力。在柔性模板或衬底的情形中，分离仅是一“剥离过程”。然而，从高分辨率重叠对齐的观点来看，一柔性的模板或衬底可能是不理想的。在晶体模板和硅衬底的情形中，剥离过程不容易实施。然而，从刻痕层上分离模板，可以通过“剥离和撕揭”过程成功地实现。一第一剥离和撕揭过程示于图 49A，49B 和 49C。一第二剥离和撕揭过程示于图 50A，50B 和 50C。一从刻痕层上分离模板的过程可包括第一和第二剥离和撕揭过程的组合。

为清晰起见，根据图 1A 和 1B，标号 12，18，20 和 40 分别用来指明模板、迁移层、衬底和固化物质。在物质 40 固化之后，可倾斜模板 12 或衬底 20，以使模板 12 和衬底 20 之间形成一角 500。定向台 250 可用于此目的。真空加盘 478 将衬底 20 夹持就位。如果倾斜轴线紧靠模板-衬底交界面定位，则在倾斜运动过程中，模板 12 和衬底 20 之间的相对横向运动不显著。一旦模板 12 和衬底 20 之间的角 500 足够大时，仅采用 Z 轴线向的运动（即，垂直运动），模板 12 即可从衬底上分离。这种剥离和撕揭的方法可导致理想的容貌 44 完好无损地留在迁移层 18 和衬底 20 上，而不会发生不理想的剪坏。

一第二剥离和撕揭方法示于图 50A，50B，50C。在第二剥离和撕揭方法中，在邻近模板处安装一个或多个压电致动器 502。一个或多个压电致动器 502 可用来致使模板 12 和衬底 20 之间产生相对的倾斜（图 50A）。压电致动器 502 的一端可与衬底 20 接触。因此，如果致动器 502 被放大（图 50B），模板 12 可从衬底 20 上被推开；由此在两者之间形成一角。模板 12 和衬底 20 之间的 Z 轴线向的运动（图 50C），可用来分离模板 12 和衬底 20。致动器 502 的一端可以是类似于模板 12 的下表面的处理的表面，以防止刻痕层粘连在致动器的

表面上。

总而言之，本文提供的实施例公开了用于成功刻痕光刻的系统、工艺和相关的装置，该种刻痕光刻不要求使用高温或高压。采用某些实施例，可实现模板和衬底之间间隙的精确控制，所要求的容貌将从模板迁移到衬底。此外，模板从衬底（和刻痕层）上的分离，可以做到不损坏或剪坏所要求的容貌。本文中的实施例还公开了在刻痕光刻过程中夹持衬底就位的一种方法，其表现为合适的真空卡盘的形式。其它的实施例包括适用于刻痕光刻系统的高精度 X-Y 的平移台。另外，还提供形成和处理合适的刻痕光刻模板的方法。

尽管本发明参照各种示例性的实施例作了描述，但这种描述不能被认为带有限制的含义。对于本技术领域内的技术人员来说，参照上述的介绍，显然会有对于示例的实施例以及本发明的其它实施例的各种改型和组合。因此，附后的权利要求书意图包括所有这样的改型或实施例。

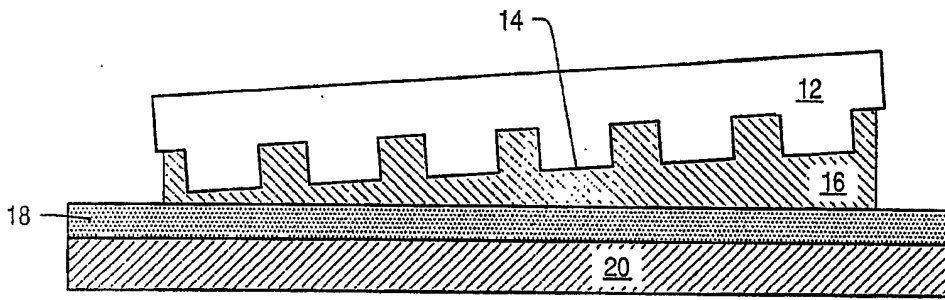


图 1A

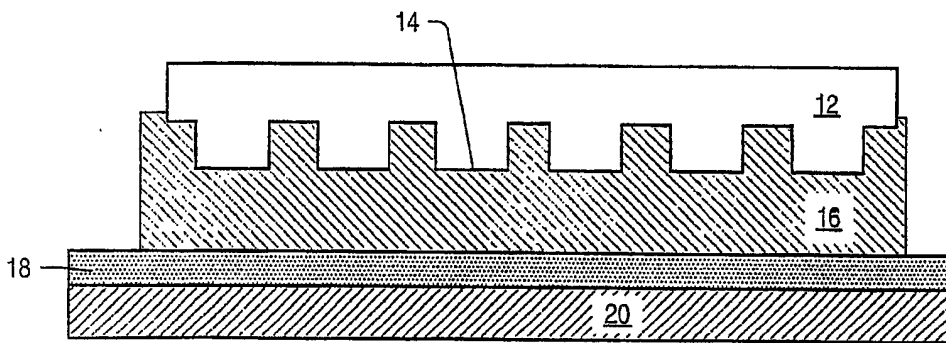


图 1B

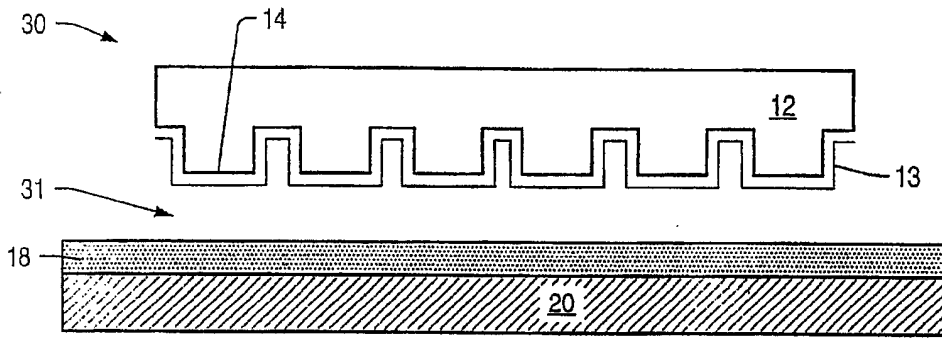


图 2A

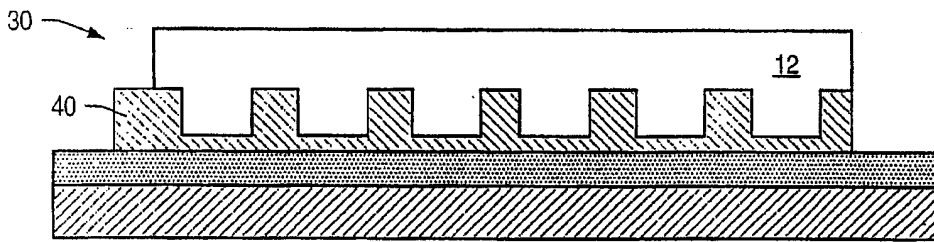


图 2B

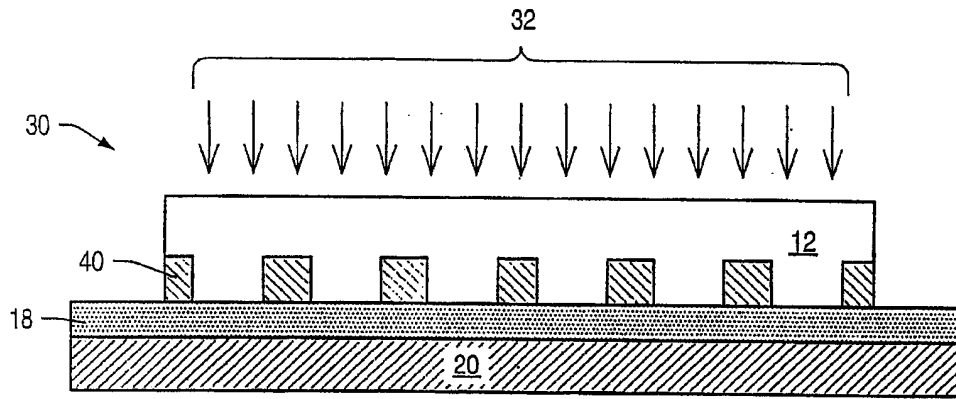


图 2C

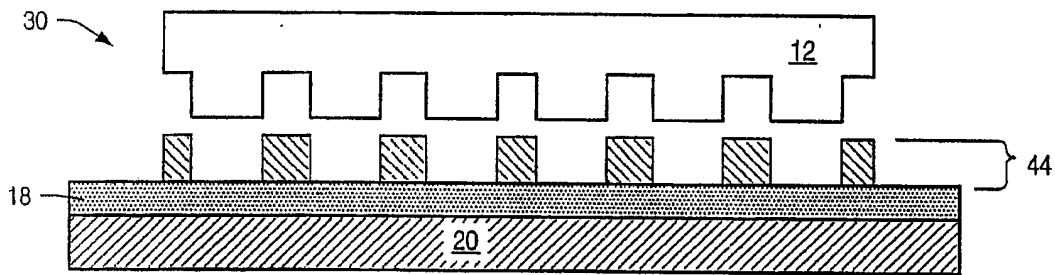


图 2D

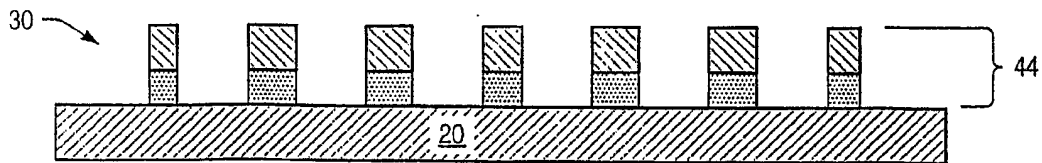


图 2E

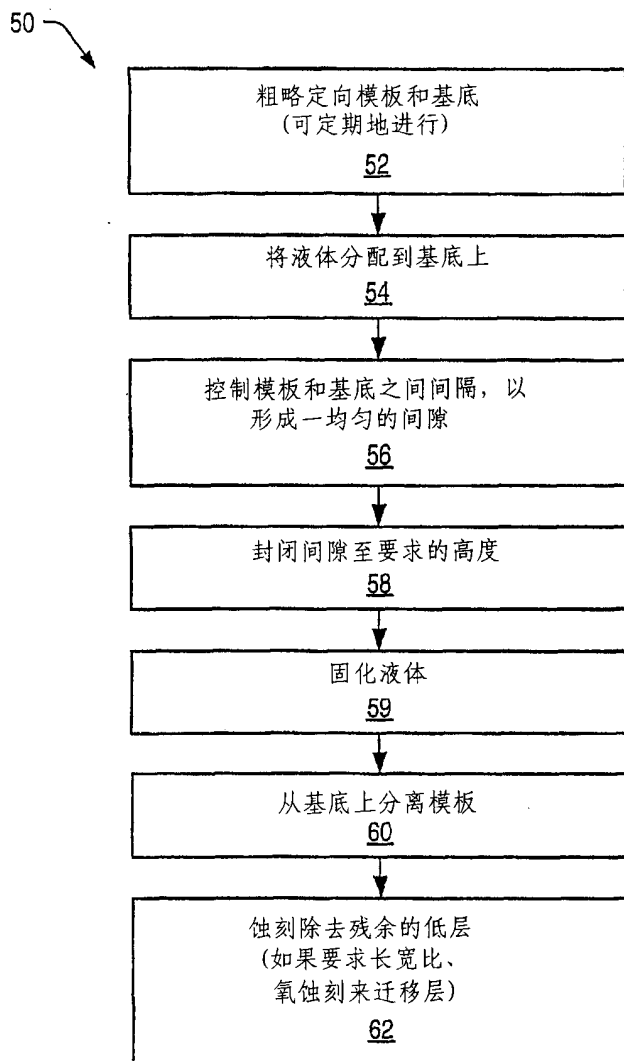


图 3

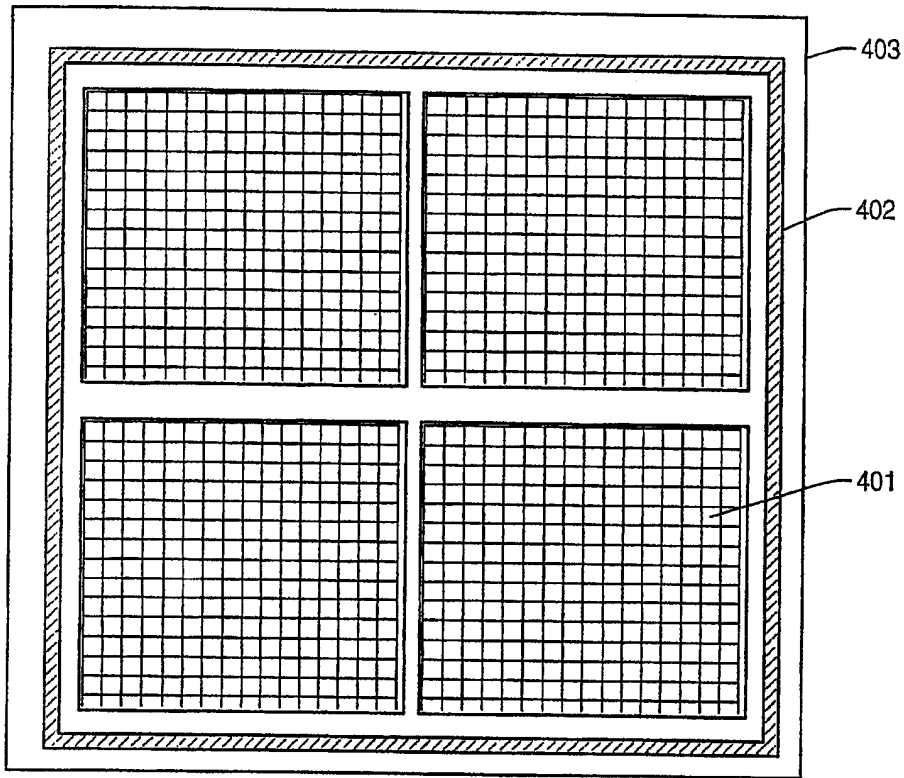


图 4

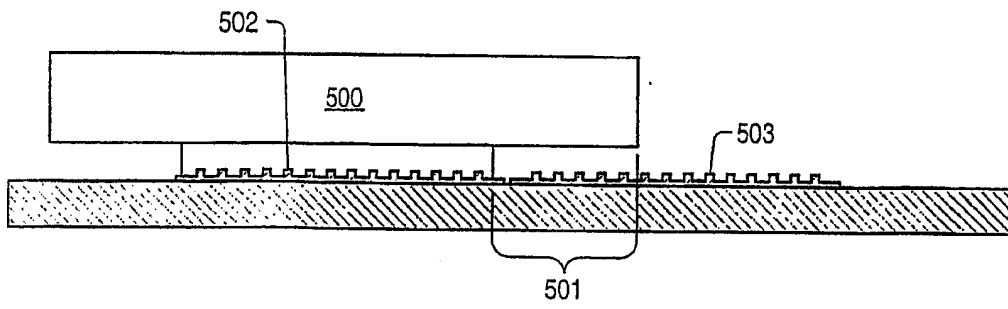


图 5

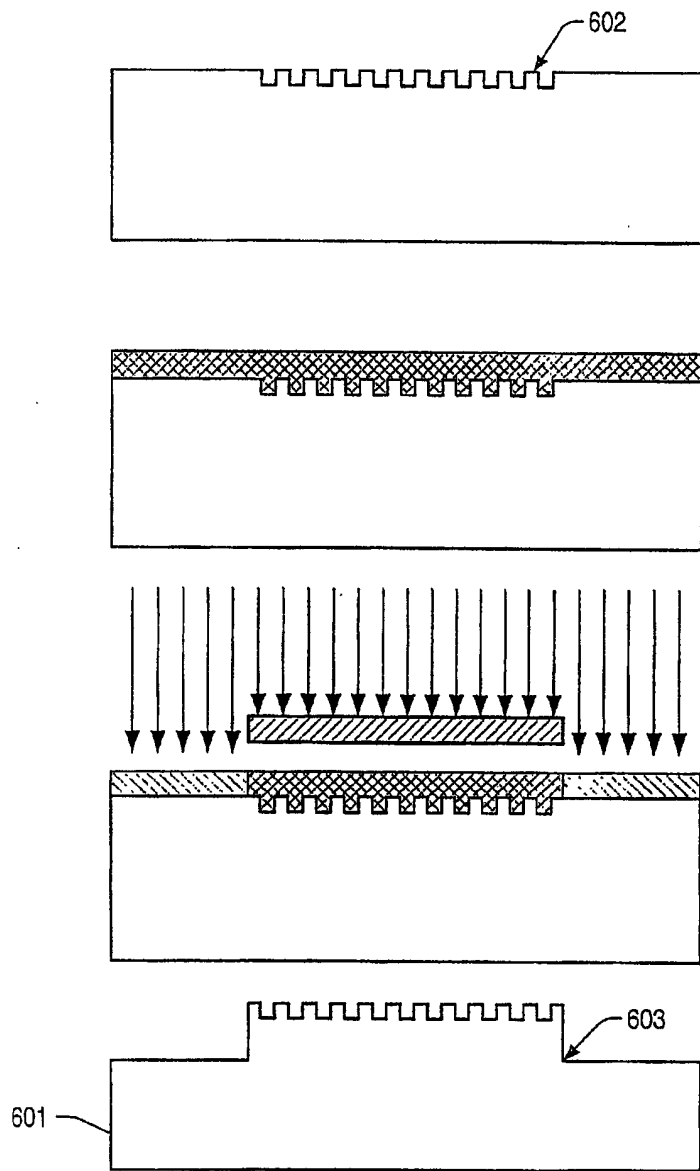


图 6

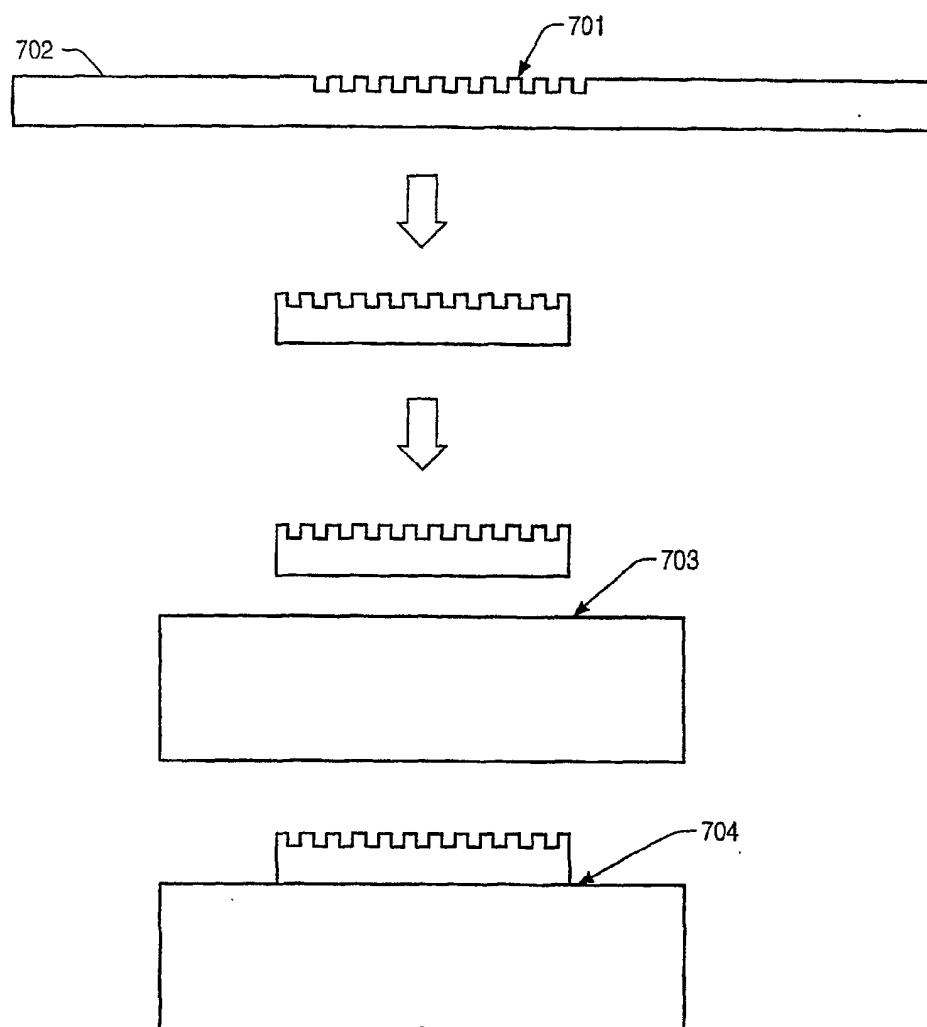


图 7

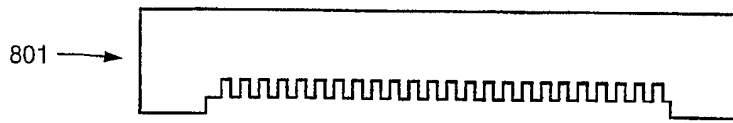


图 8A

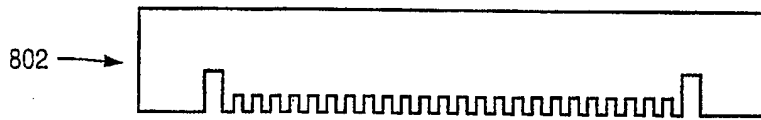


图 8B

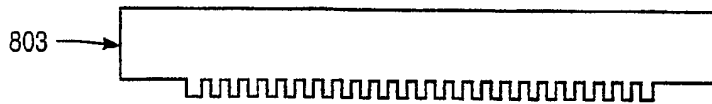


图 8C

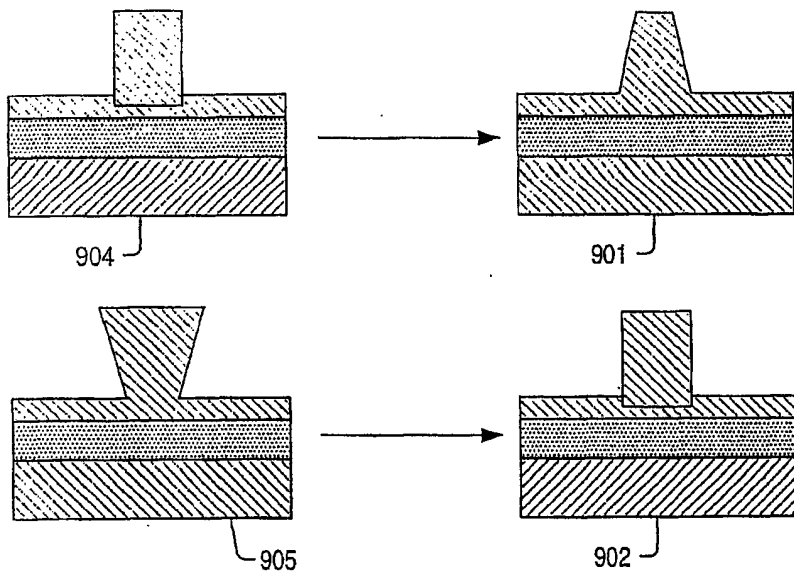


图 9

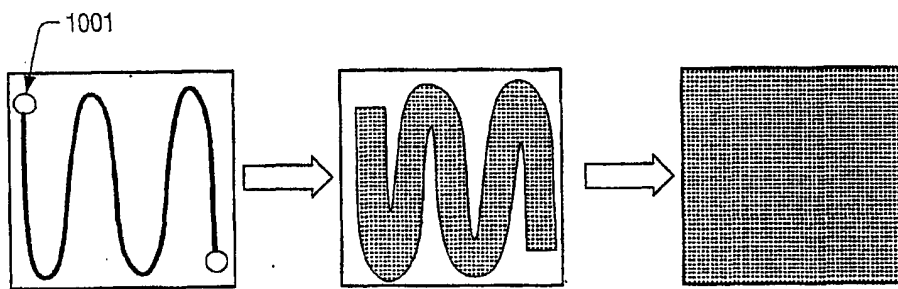


图 10A



图 10B

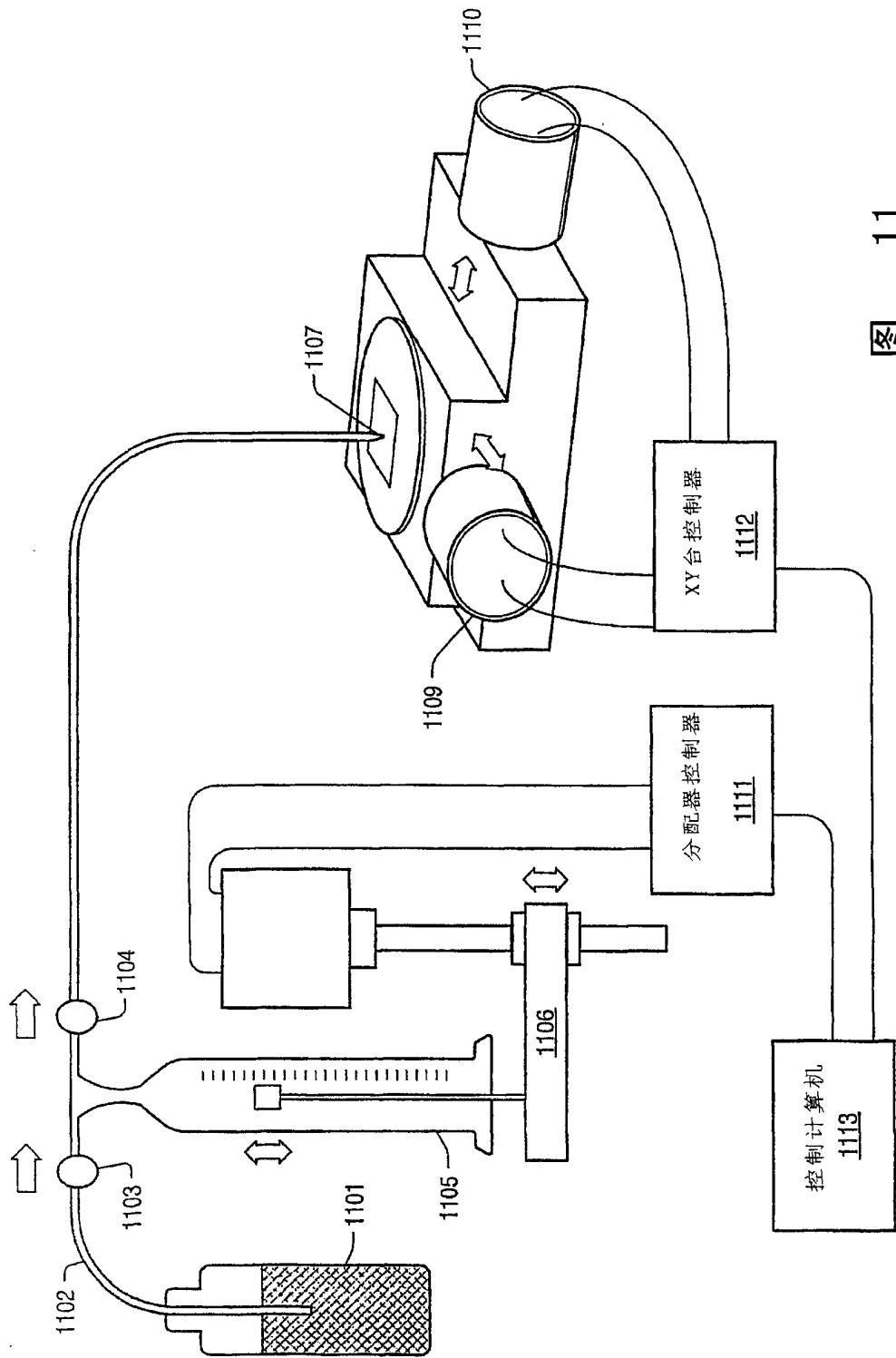


图 11

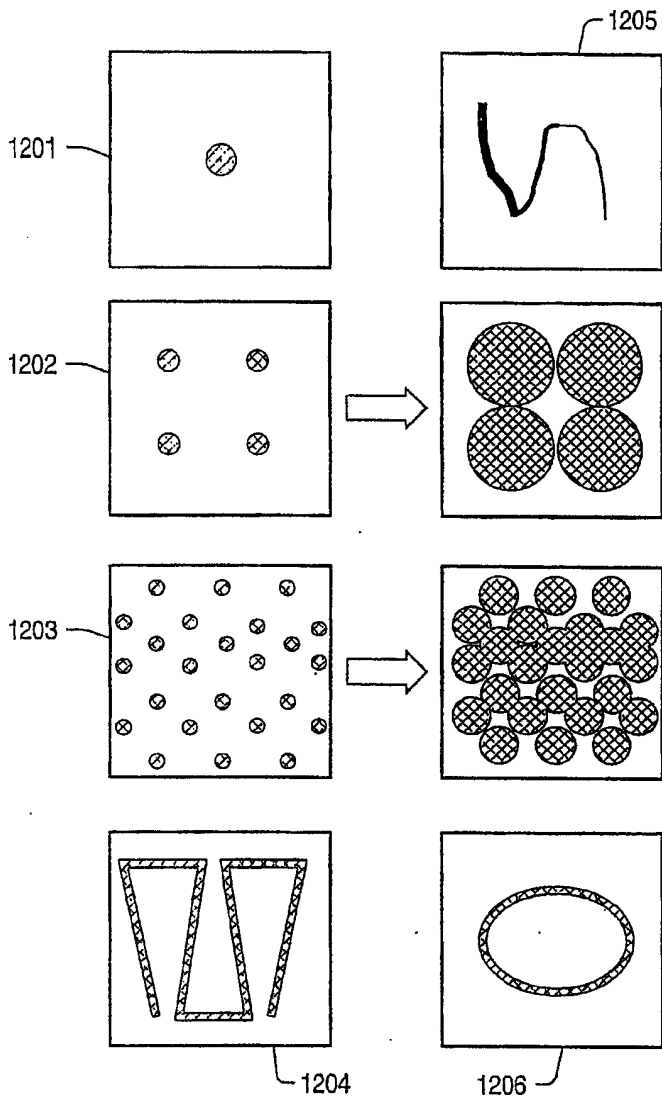


图 12

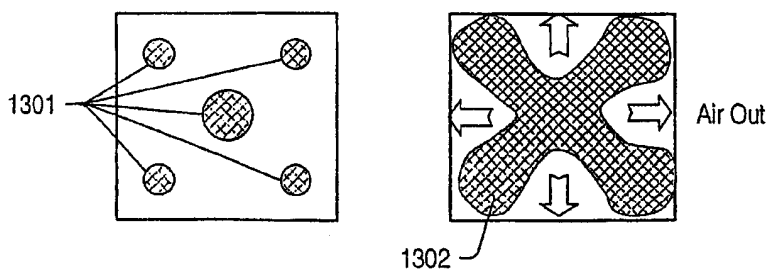


图 13

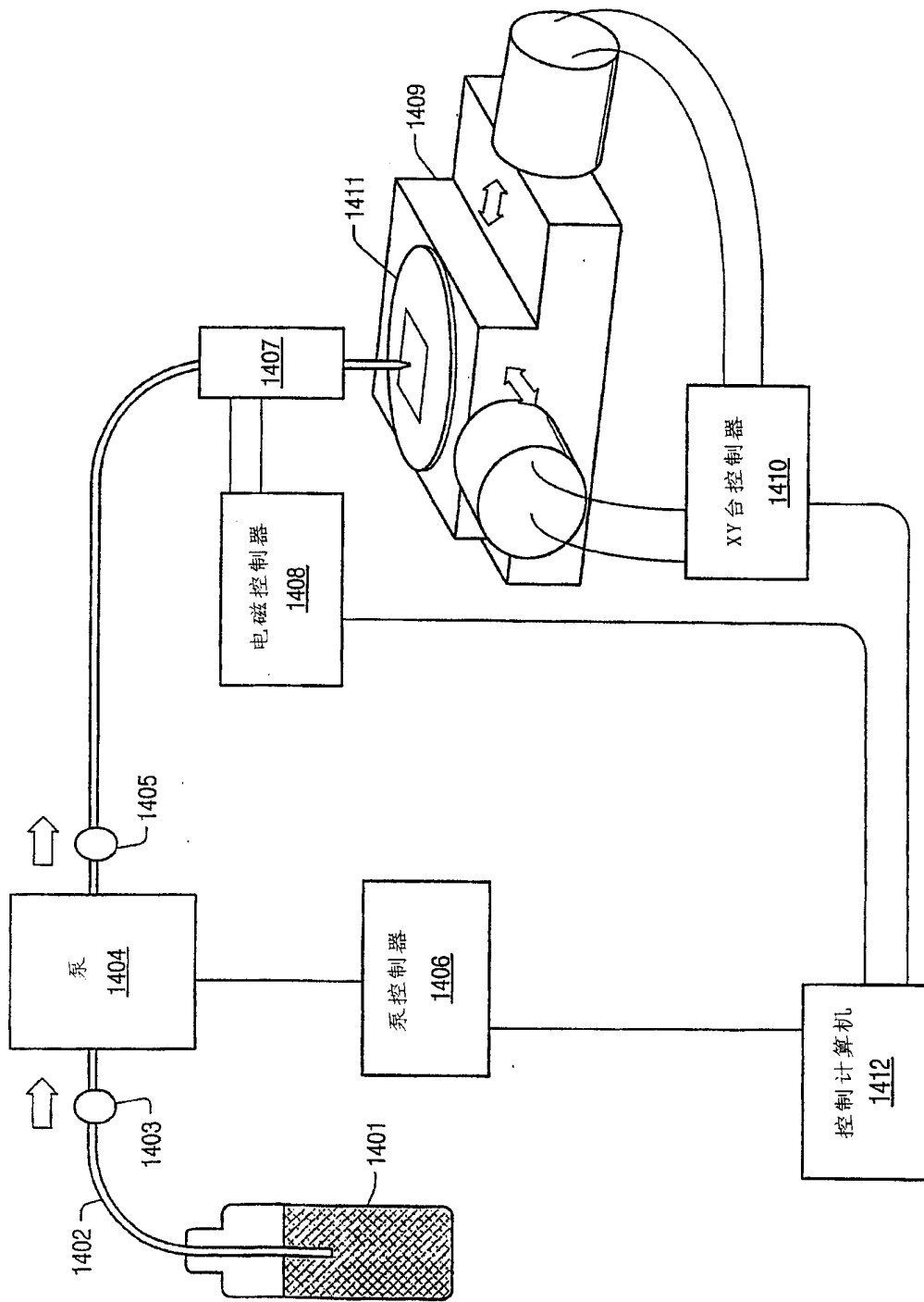


图 14

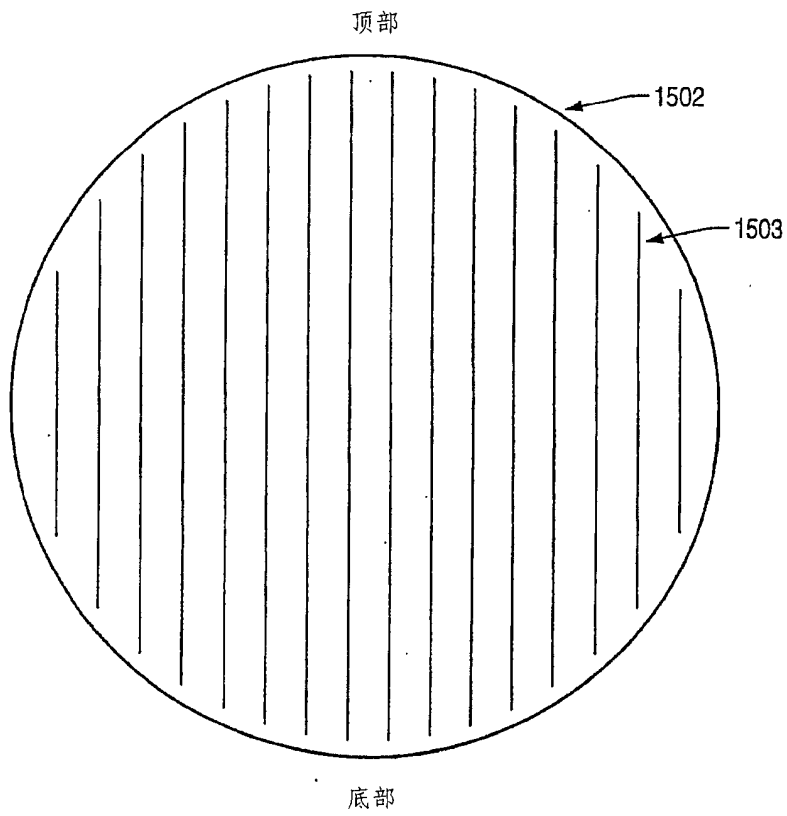


图 15A

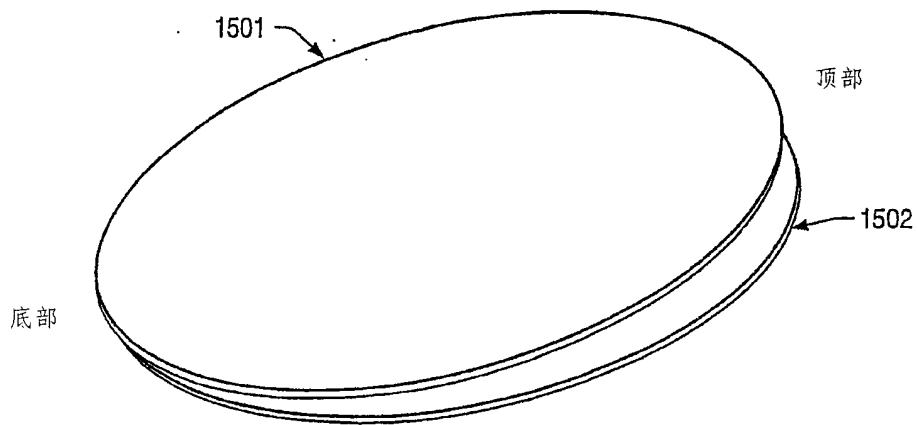


图 15B

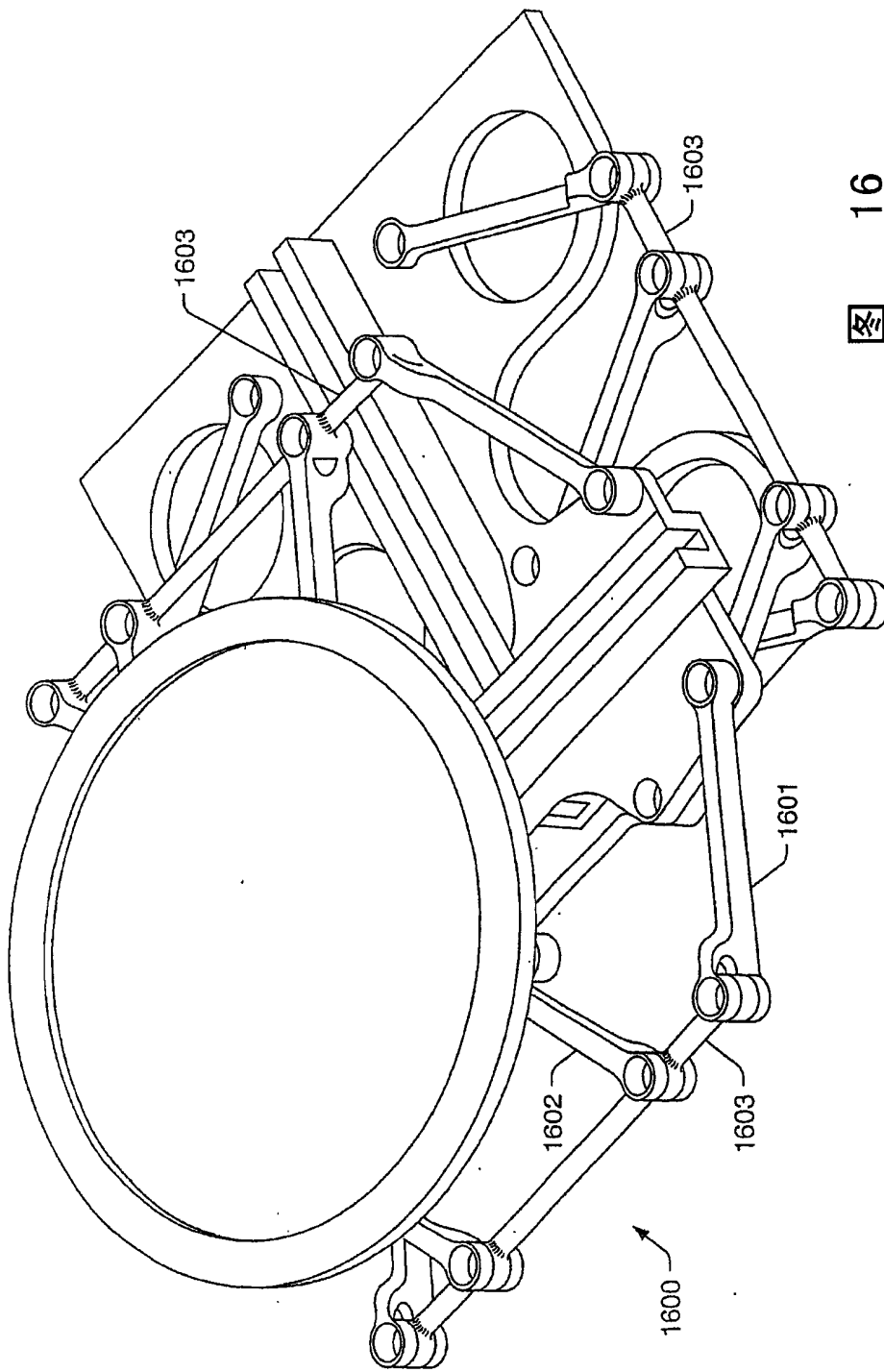


图 16

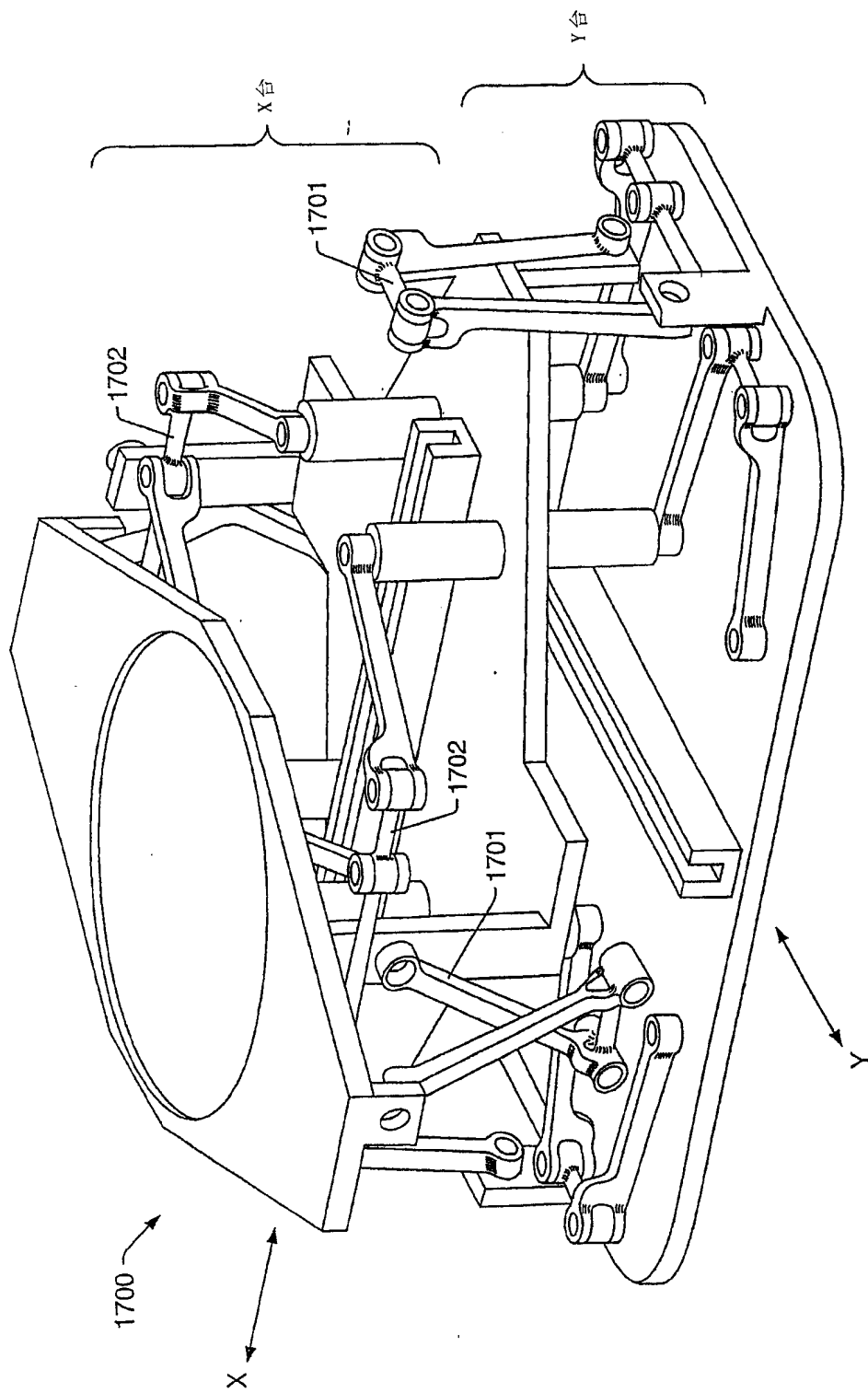


图 17

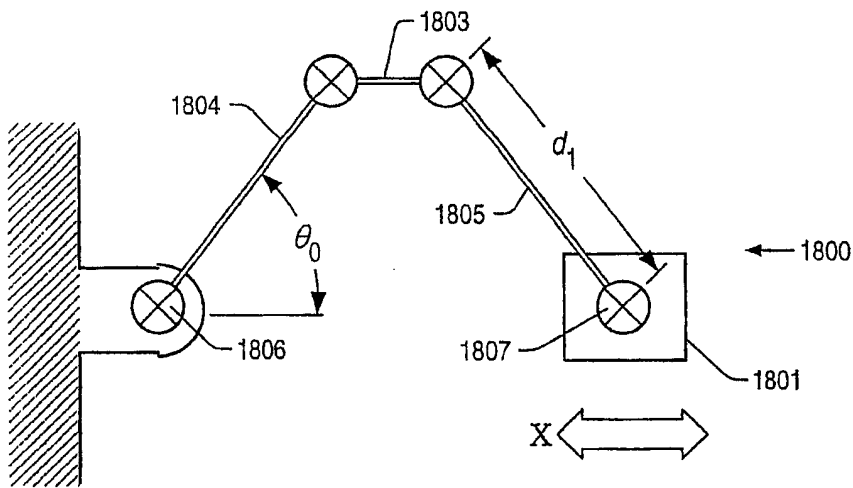


图 18

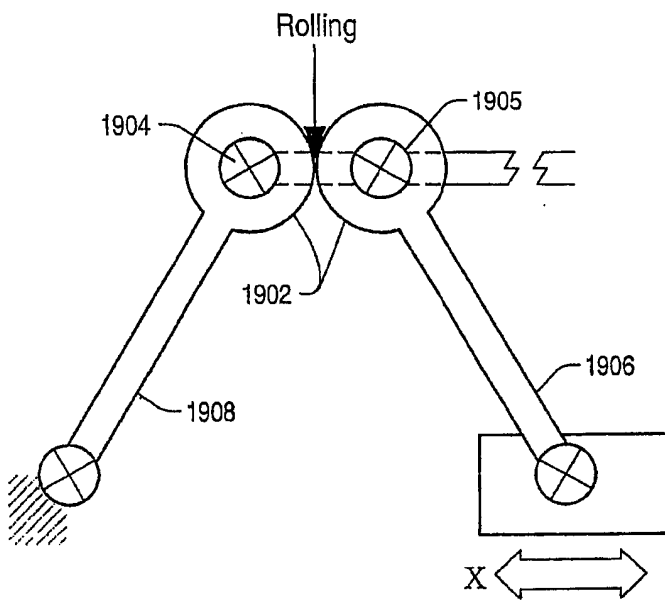


图 19

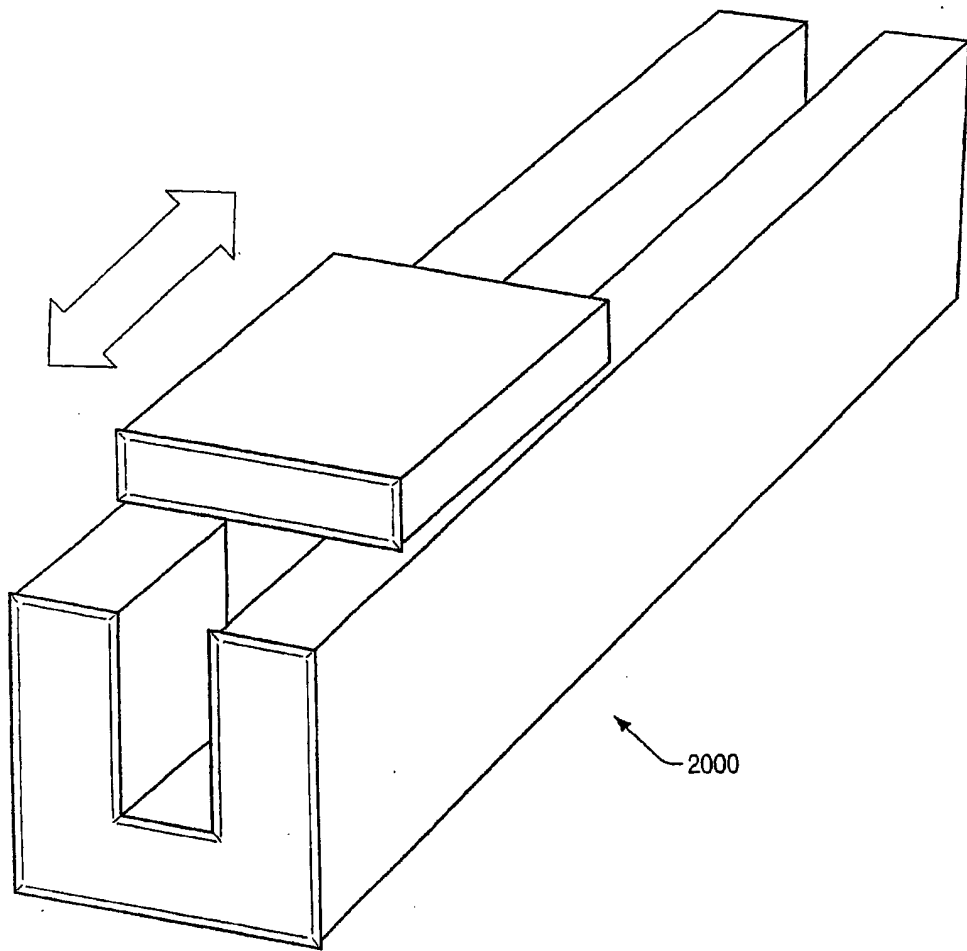


图 20

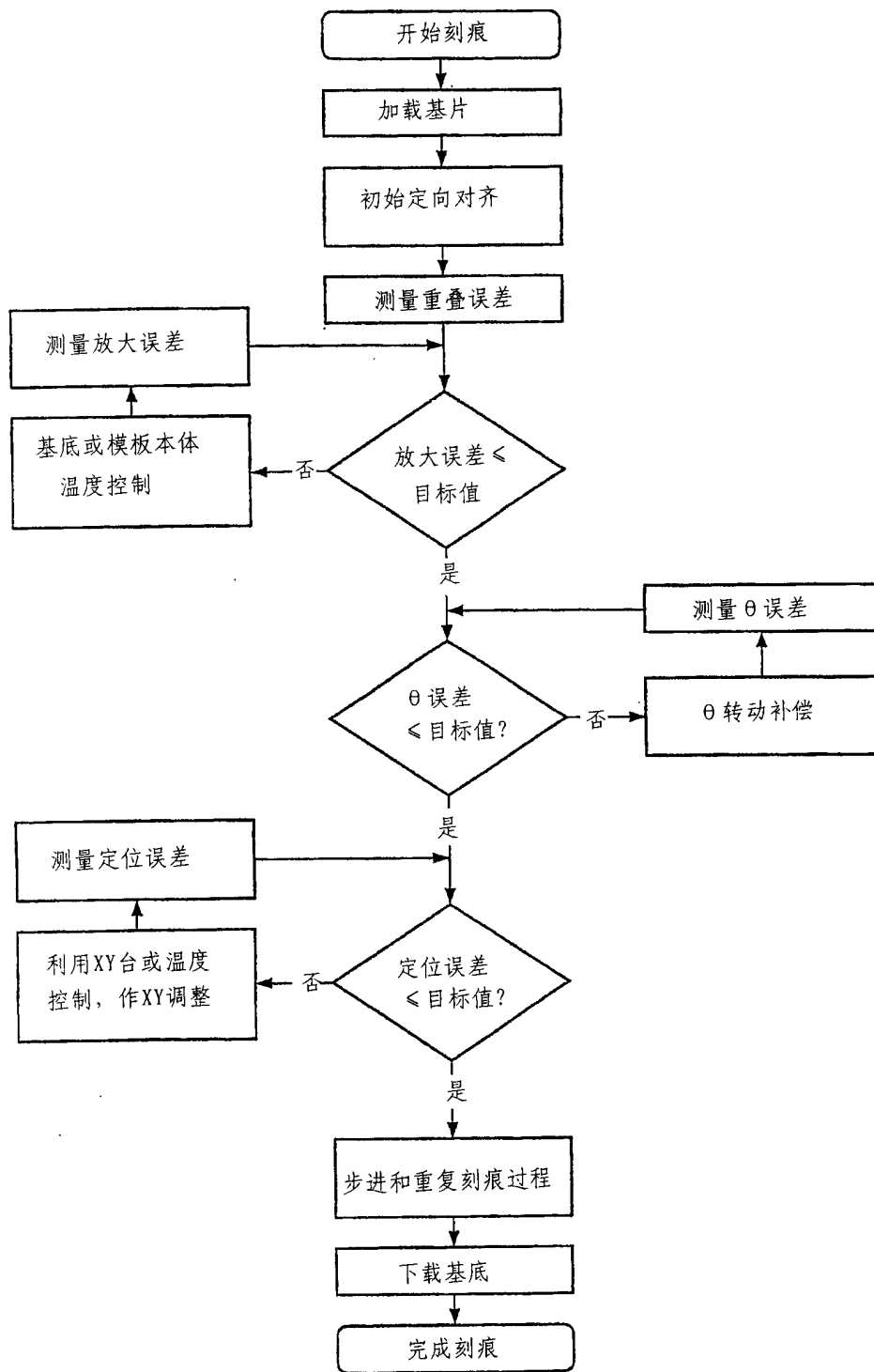


图 21

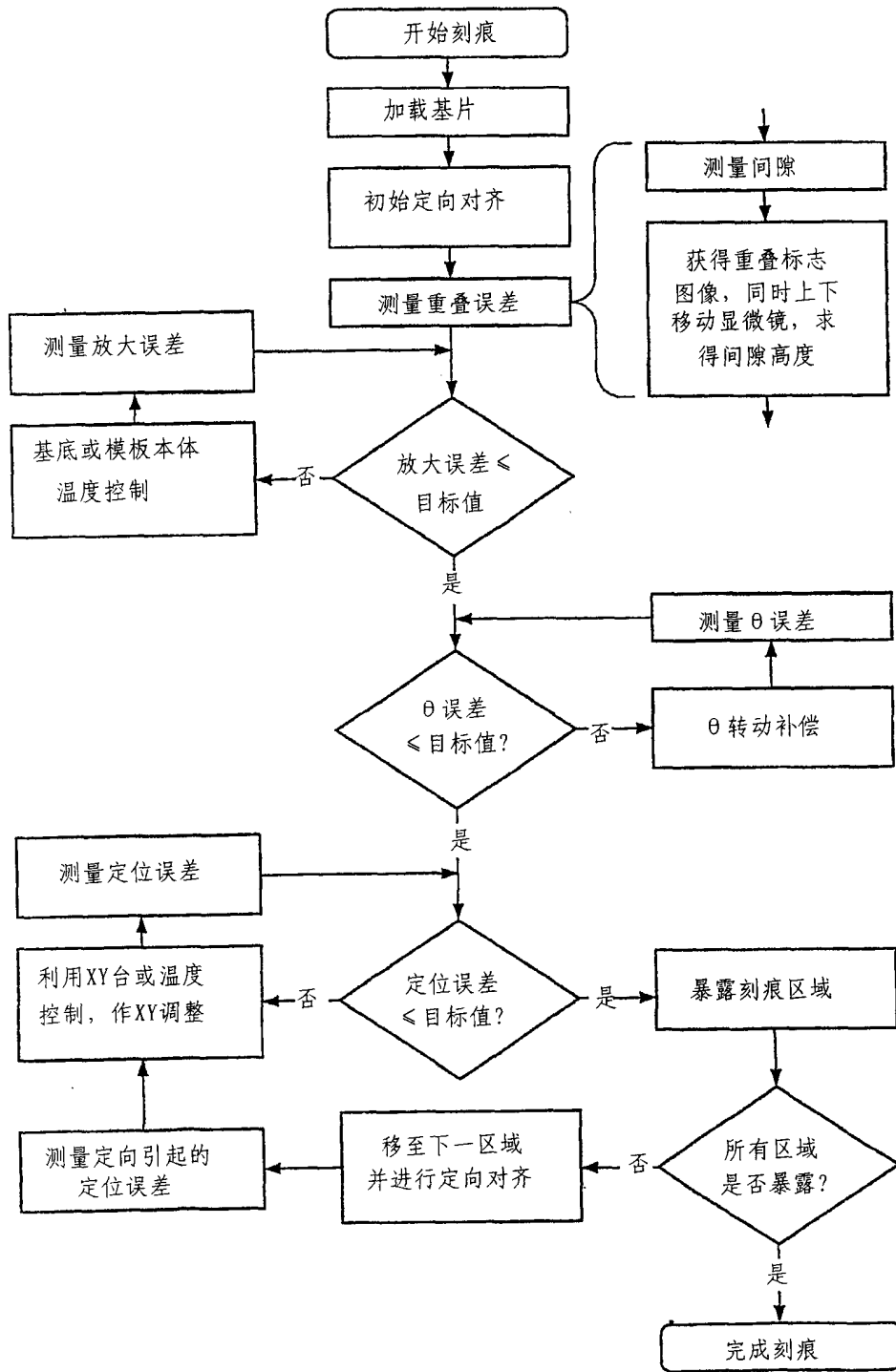


图 22

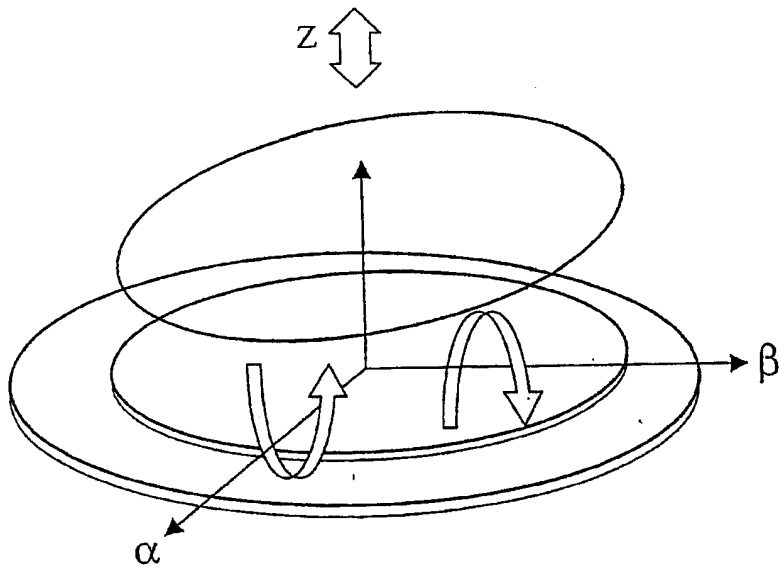


图 23

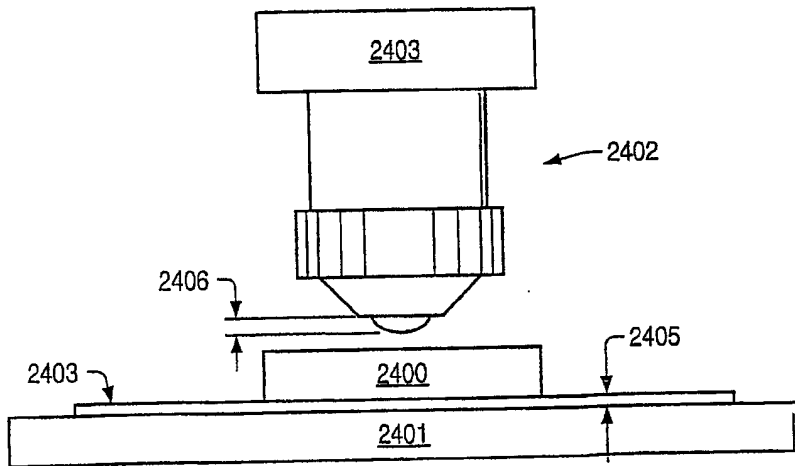


图 24

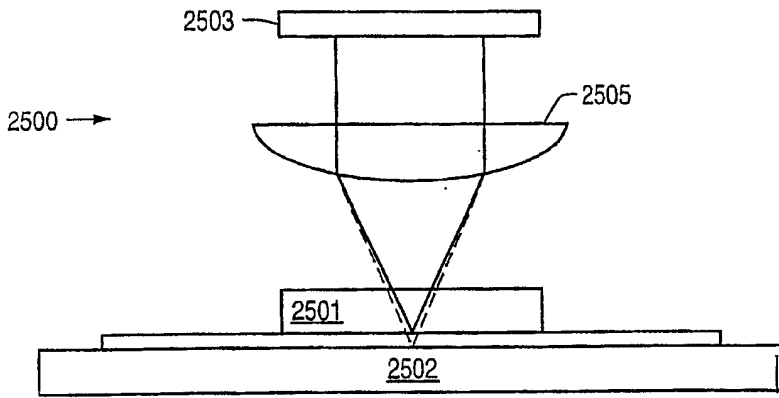


图 25

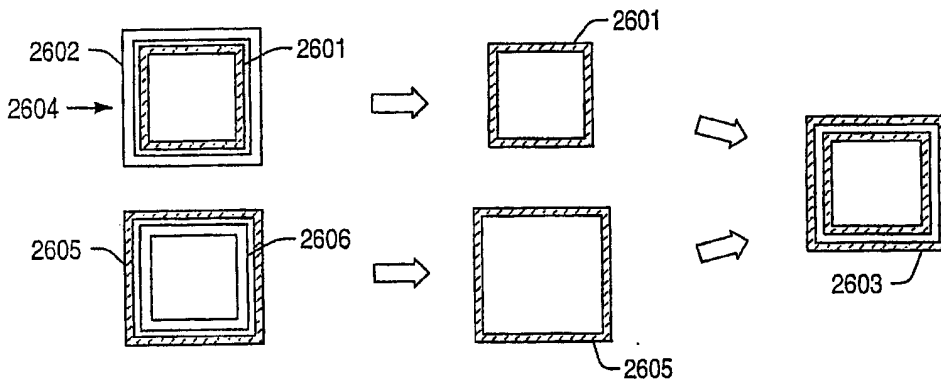


图 26

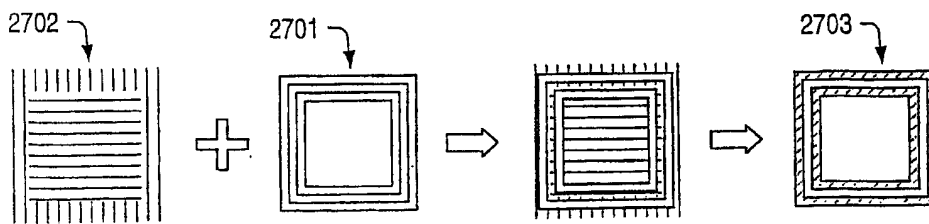


图 27

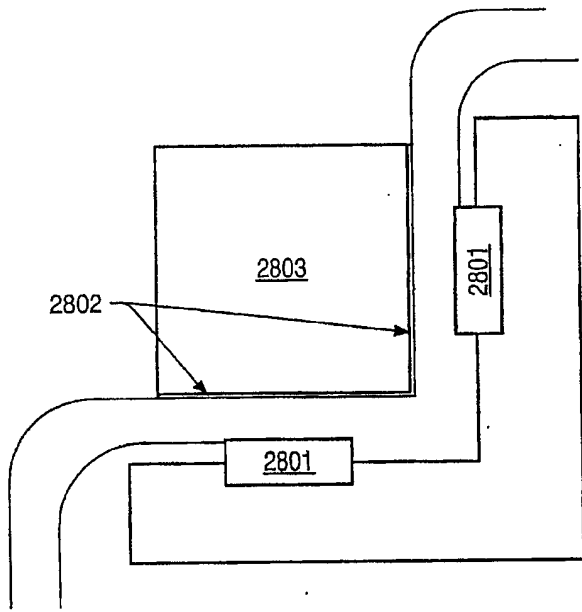


图 28

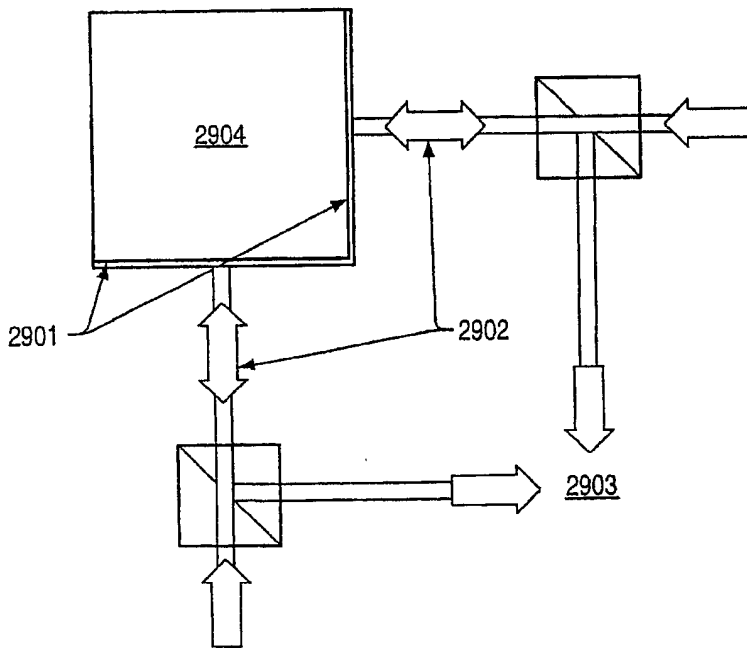


图 29

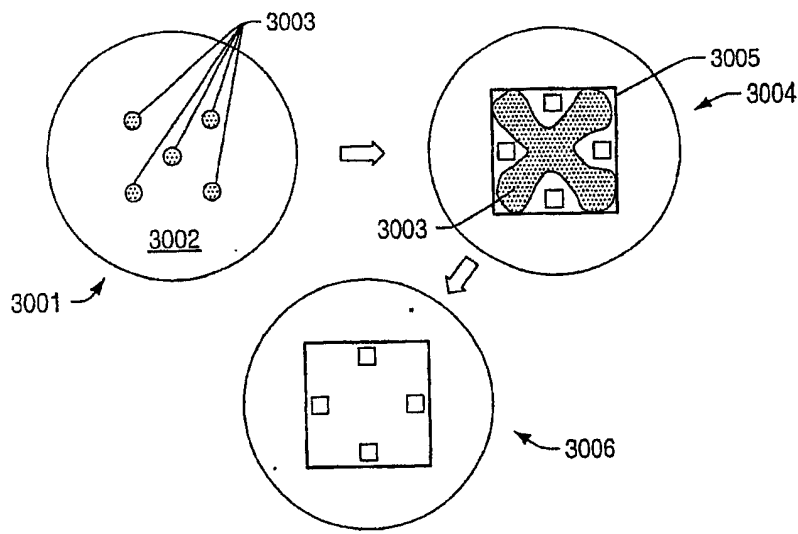


图 30

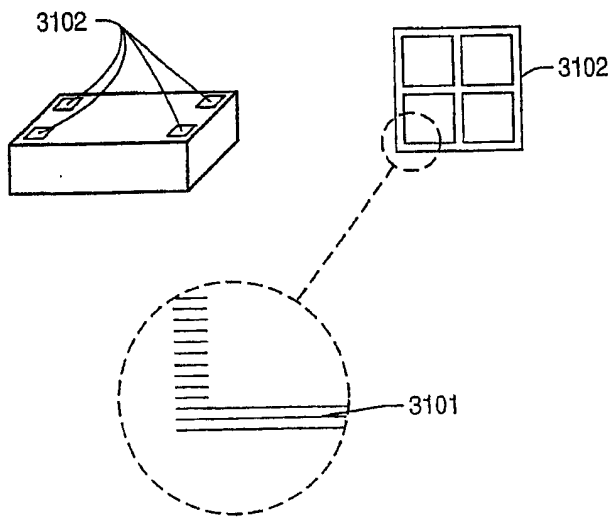


图 31

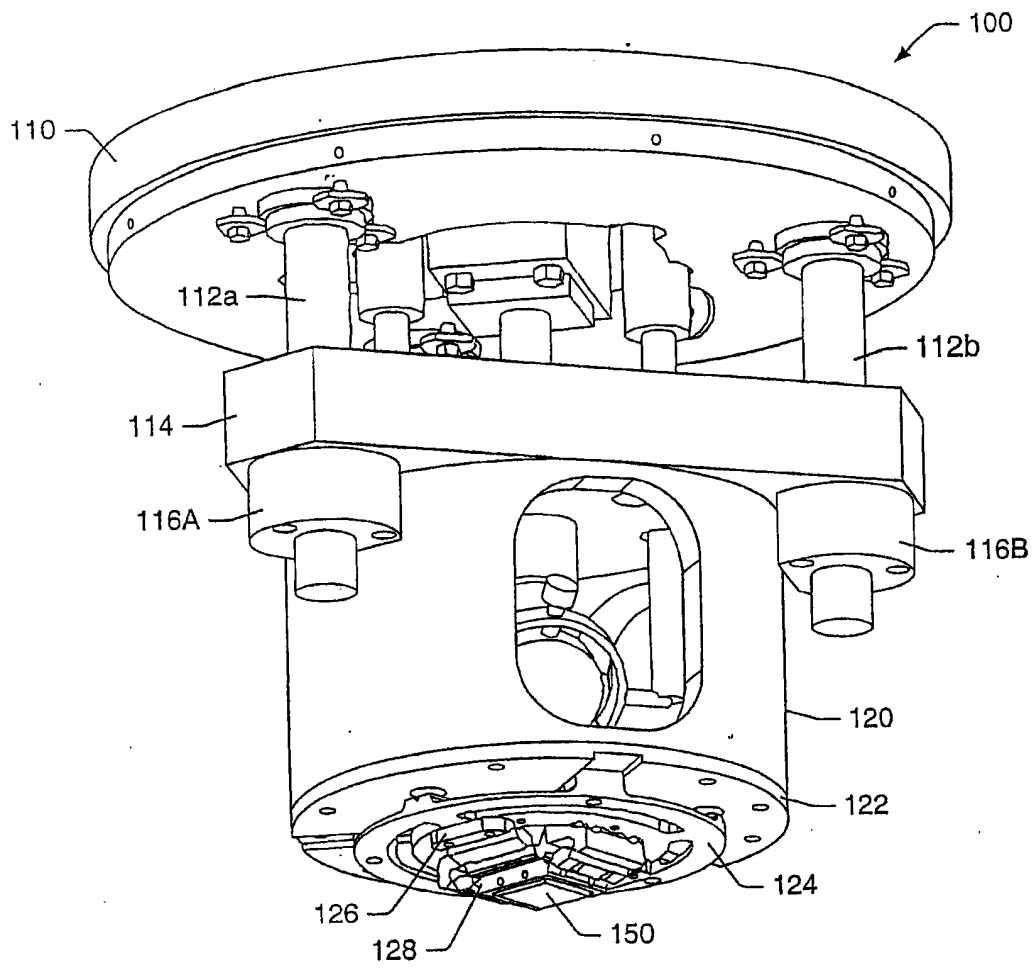


图 32

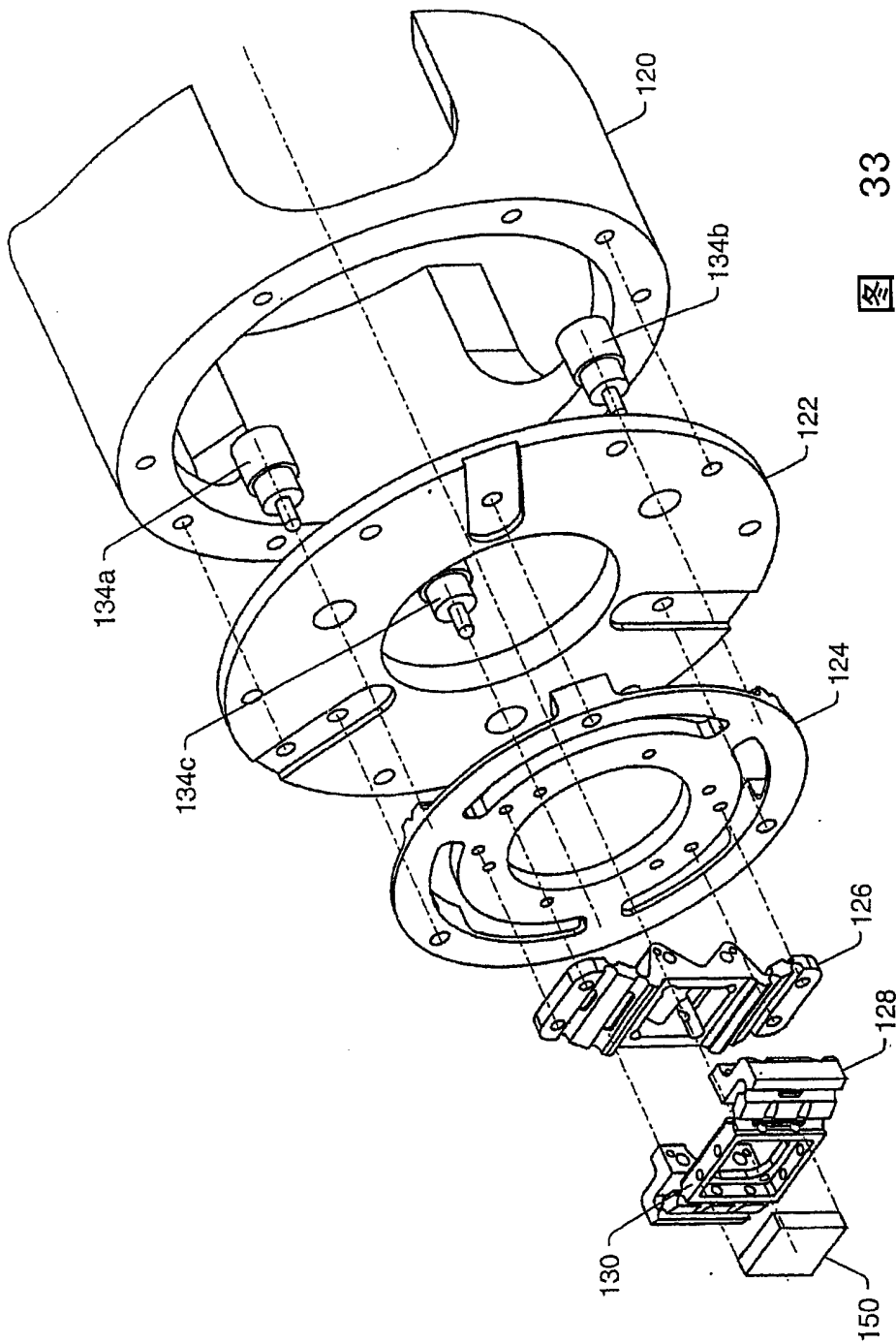


图 33

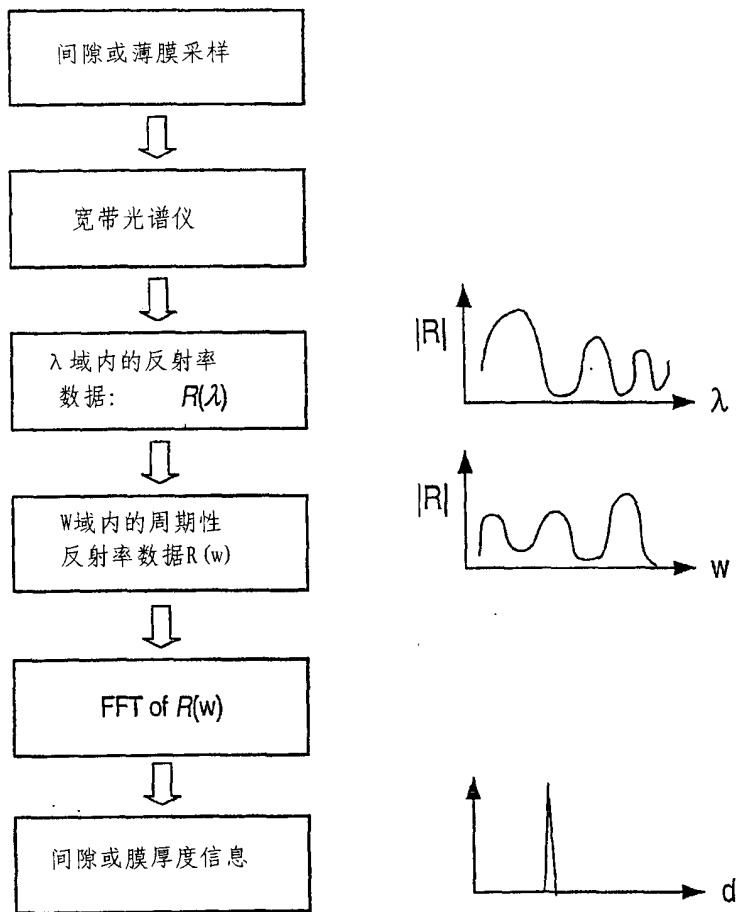


图 34

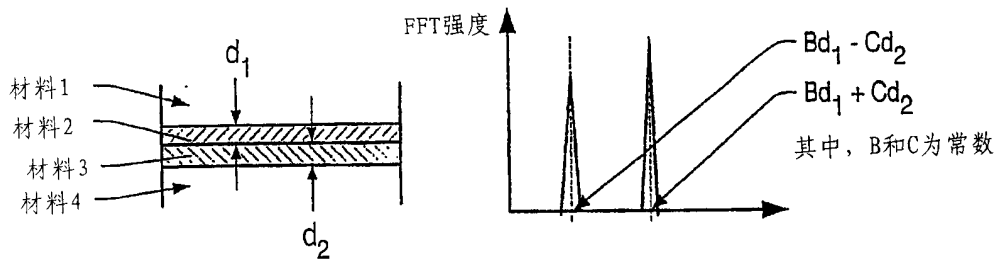


图 35

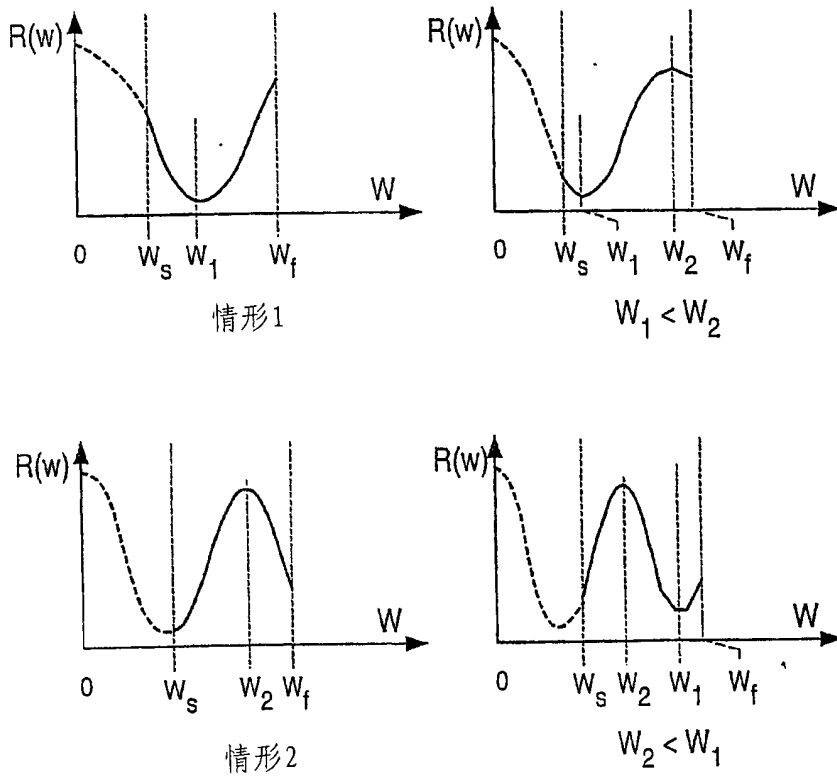


图 36

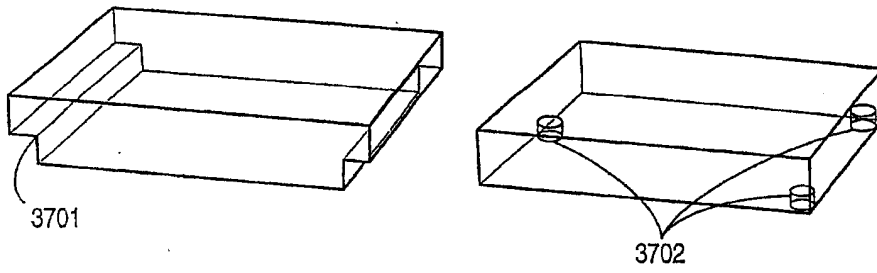


图 37

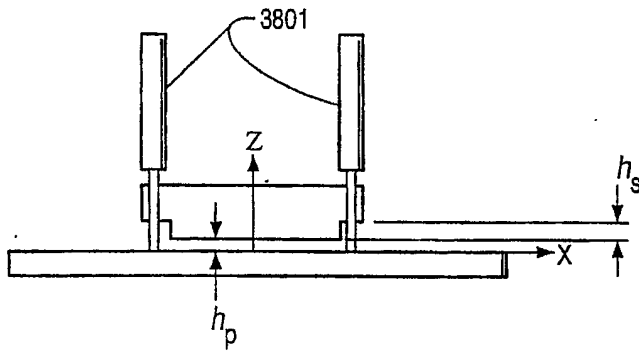


图 38

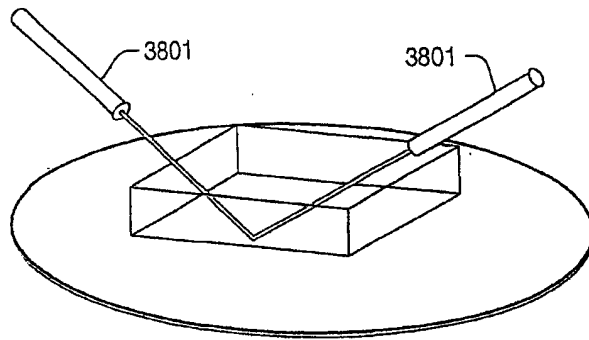


图 39

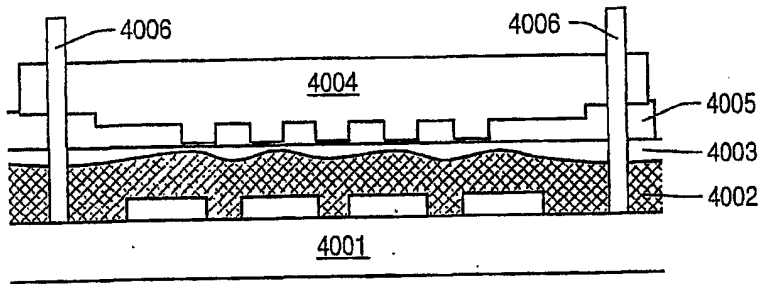


图 40

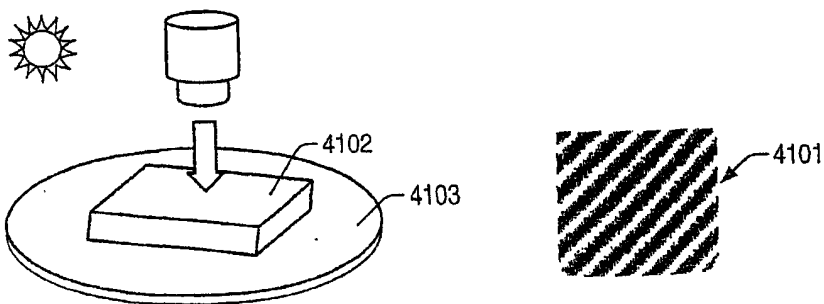
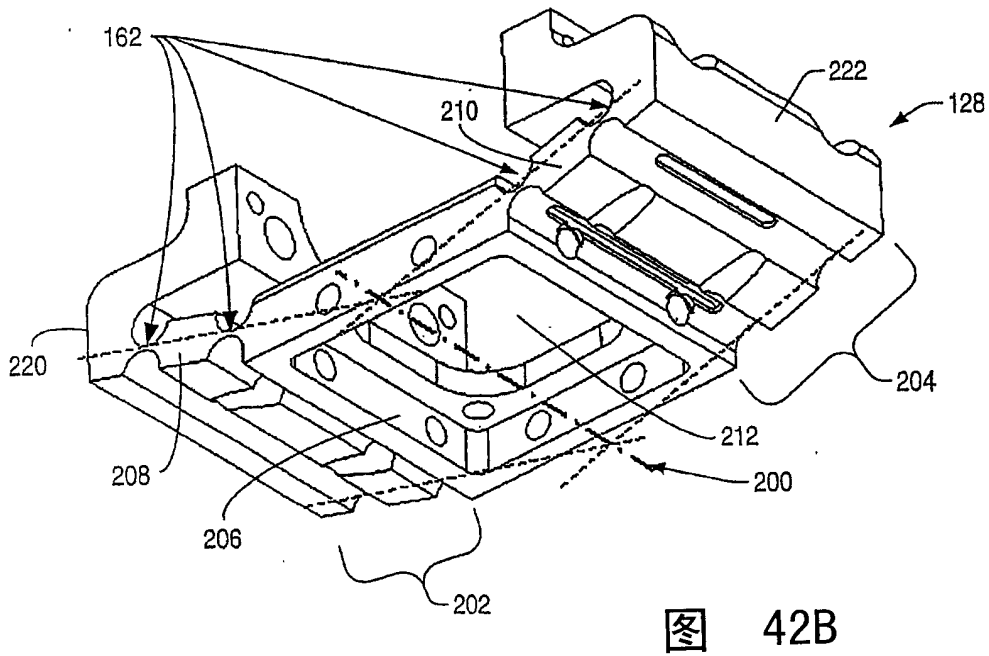
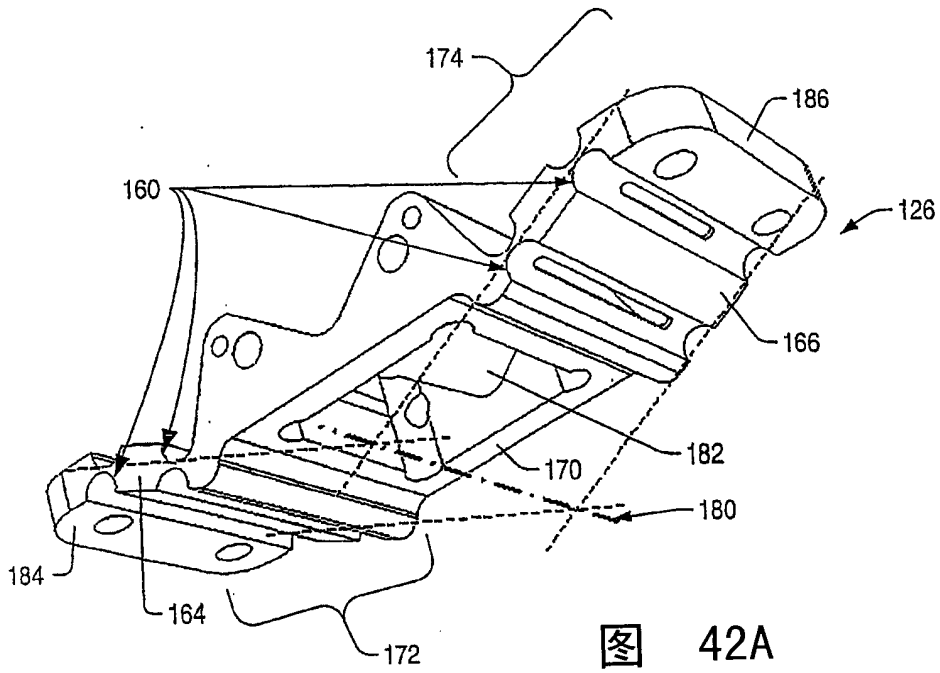


图 41



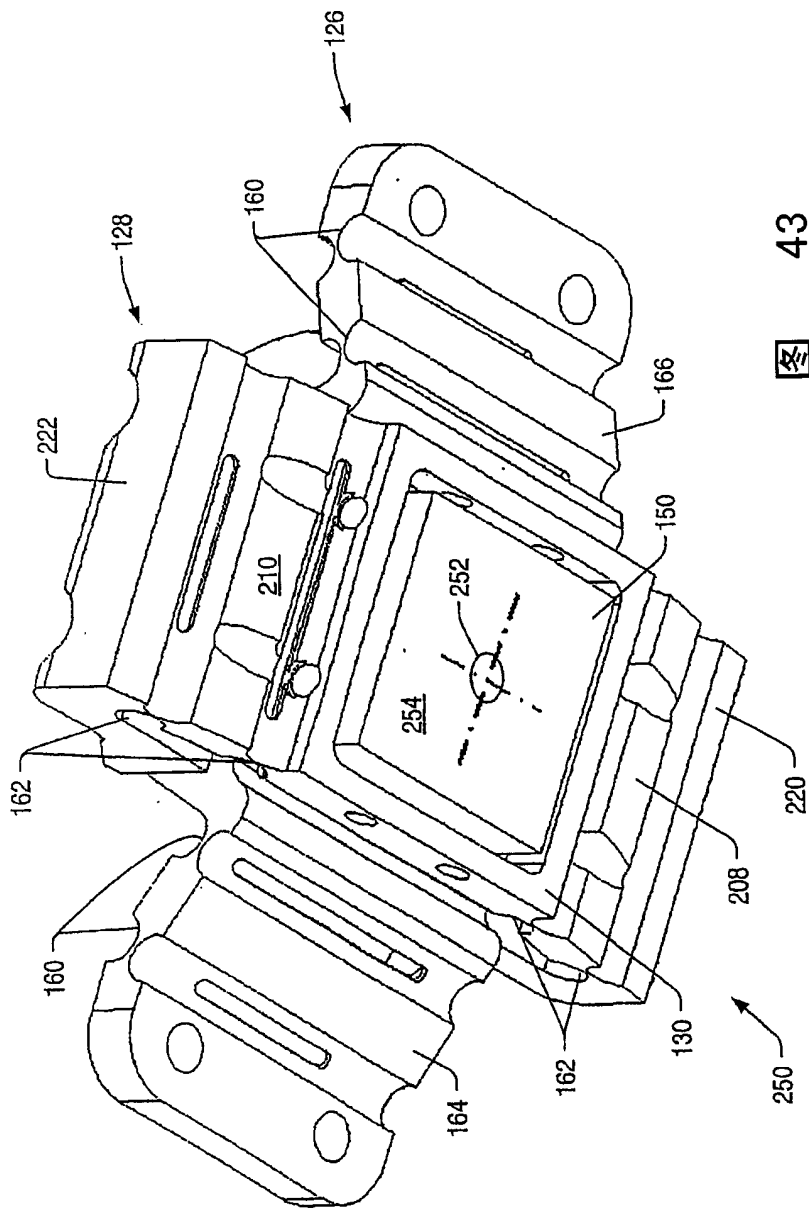
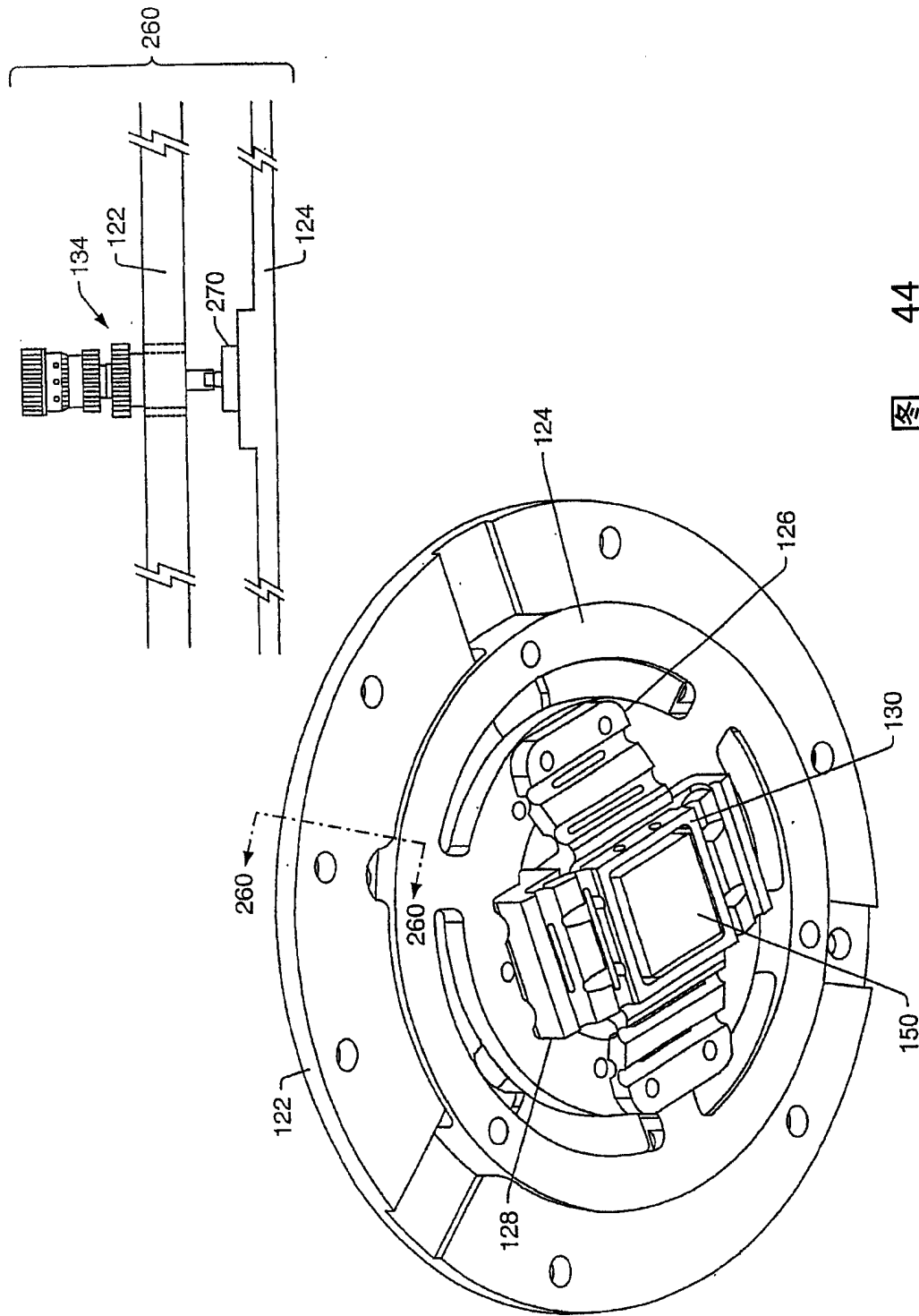


图 43



44

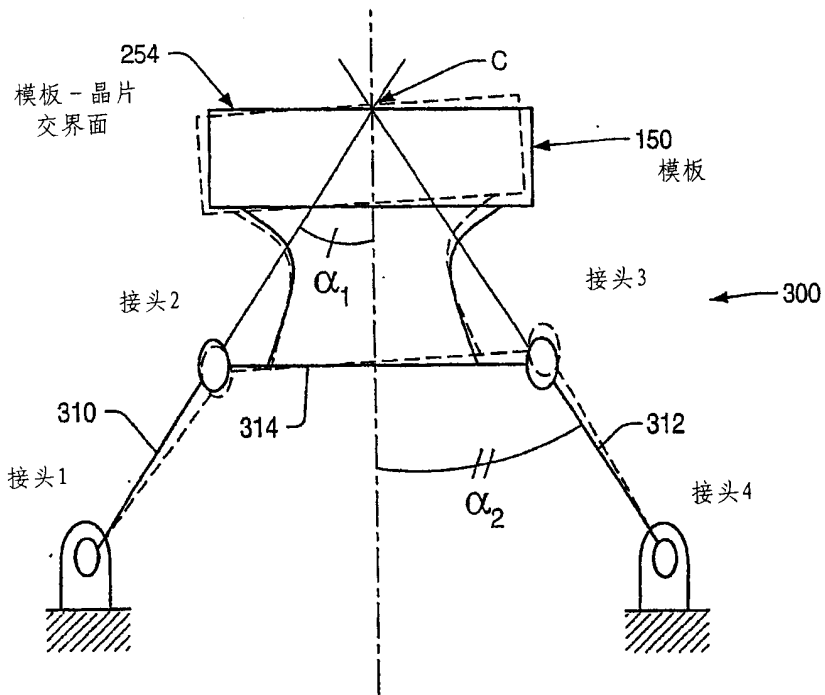


图 45

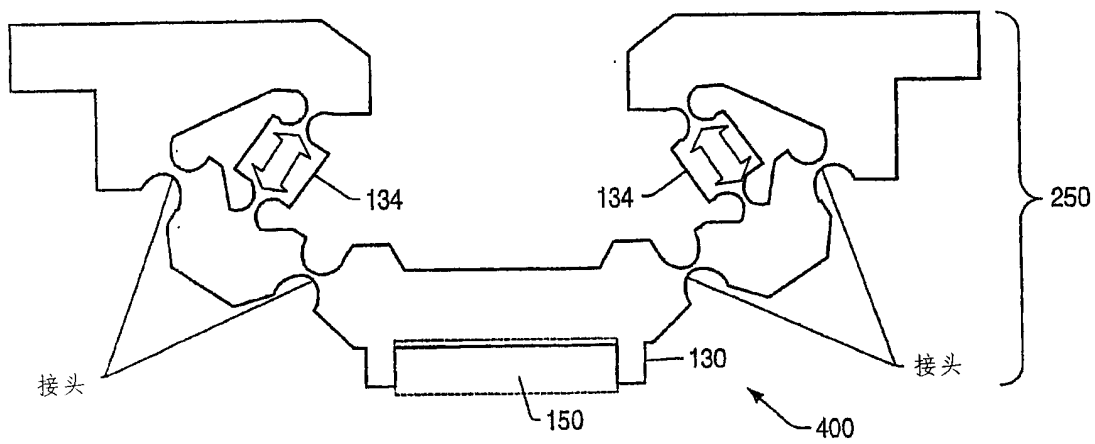


图 46

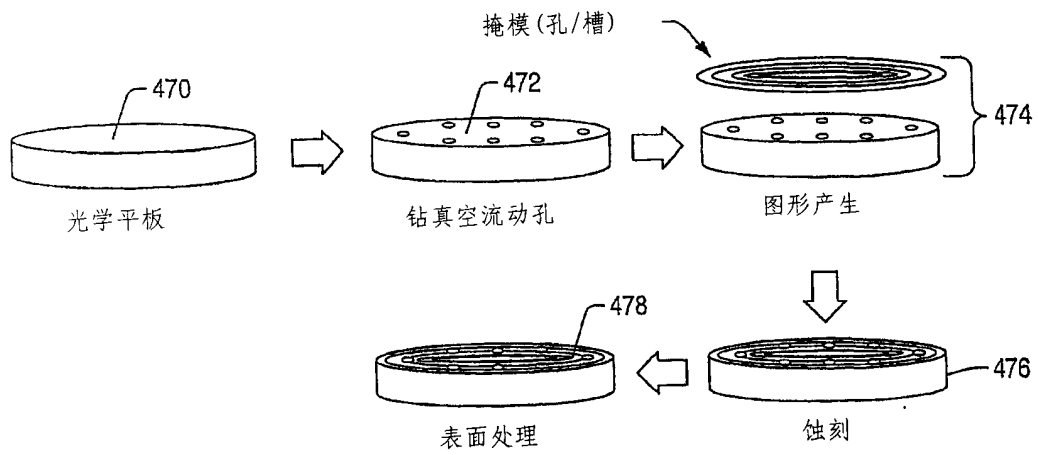


图 47

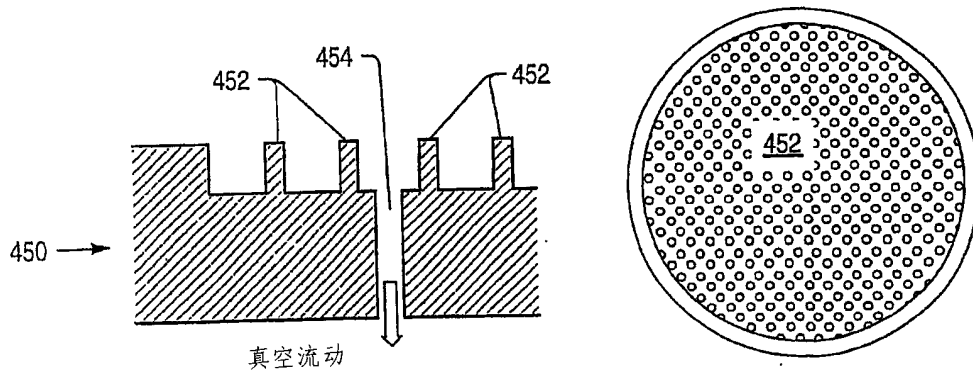


图 48A

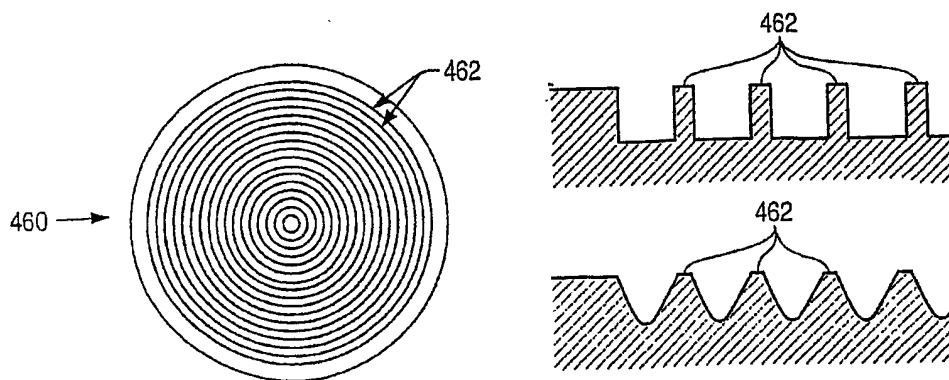


图 48B

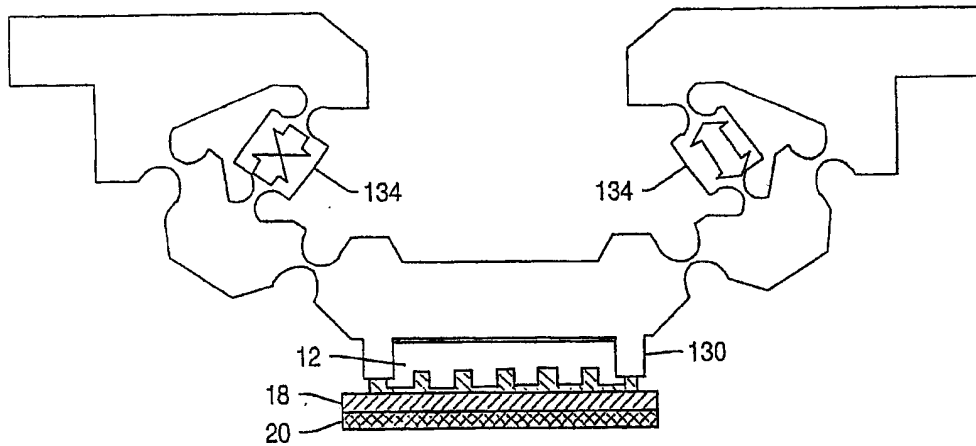


图 49A

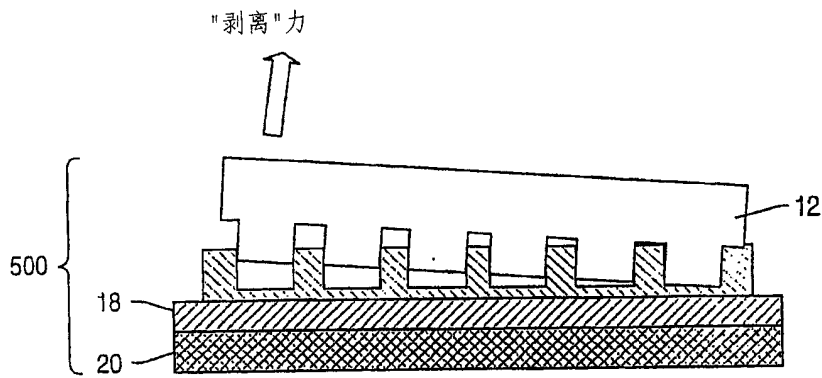


图 49B

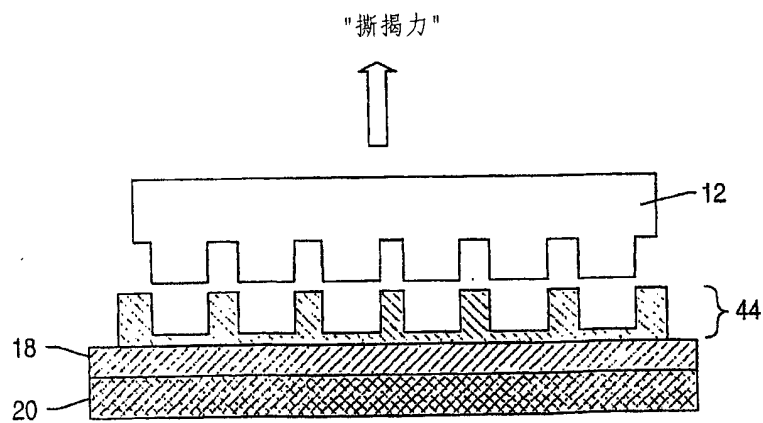


图 49C

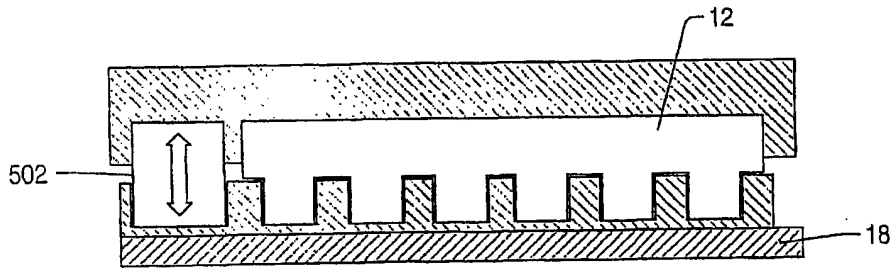


图 50A

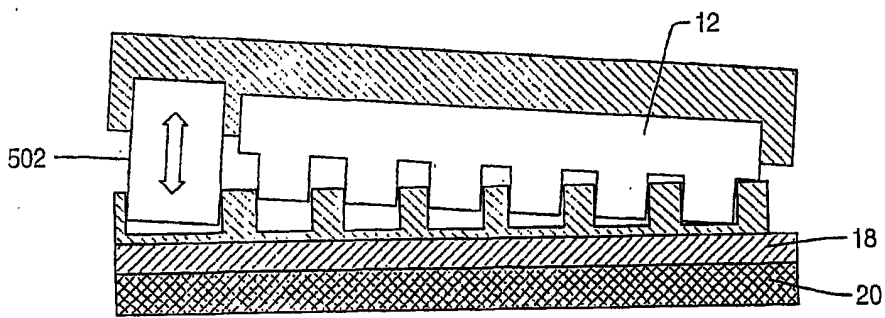


图 50B

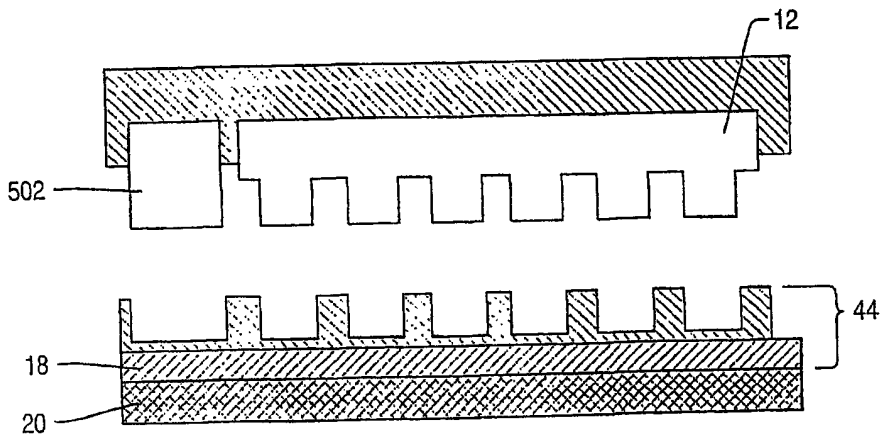


图 50C

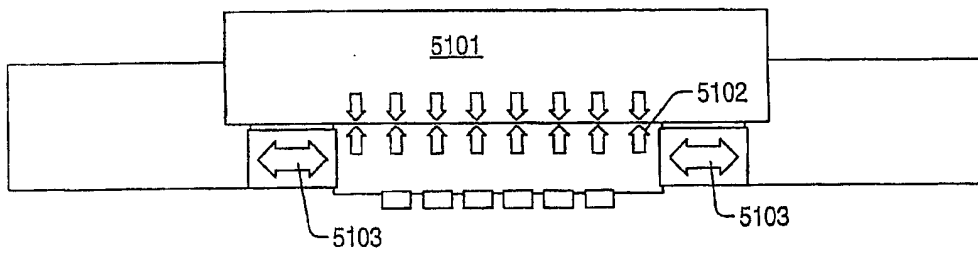


图 51A

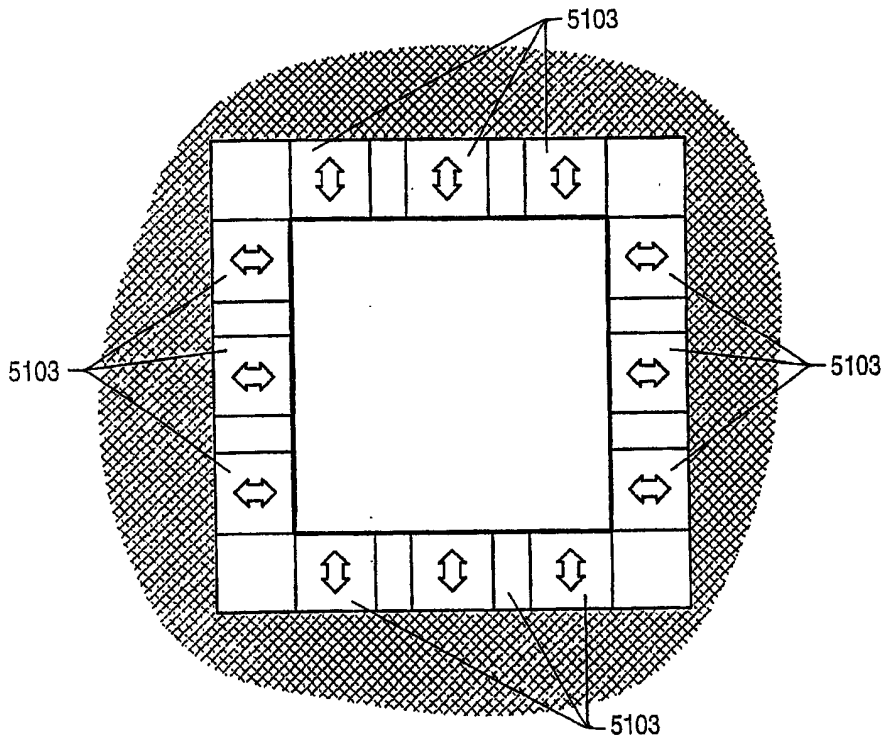


图 51B

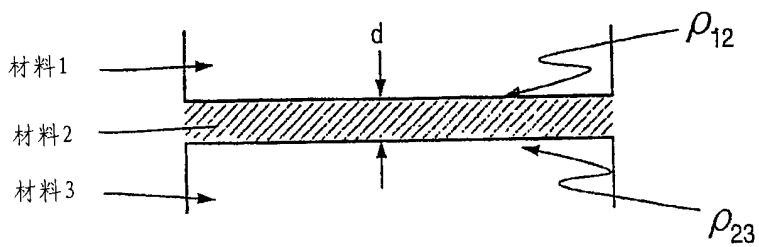


图 52