



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1729554 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 200380106950. 2

(22) 申请日 2003. 12. 19

(30) 优先权数据

60/434, 670 2002. 12. 20 US

60/468, 659 2003. 05. 08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2005. 06. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2003/001959 2003. 12. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02004/057650 EN 2004. 07. 08

(73) 专利权人 马特森技术有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 大卫·马尔科姆·卡姆

纪劳姆·森佩雷

柳博米尔·卡卢杰尔西克

格雷戈里·斯图尔特

姆拉登·本布洛维奇 提姆·特兰

谢尔吉·德茨 托尼·科马萨

马克·鲁道夫 约瑟夫·西贝尔

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 顾晋伟 王春伟

(51) Int. Cl.

H01L 21/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

WO 01/56064 A1, 2001. 08. 02, 说明书第3页
第23行-第7页第19行、第9页第13-21行, 图
1、4、5.

WO 99/58733 A2, 1999. 11. 18, 全文.

US 6217034 B1, 2001. 04. 17, 全文.

US 6315878 B1, 2001. 11. 13, 全文.

审查员 刘天飞

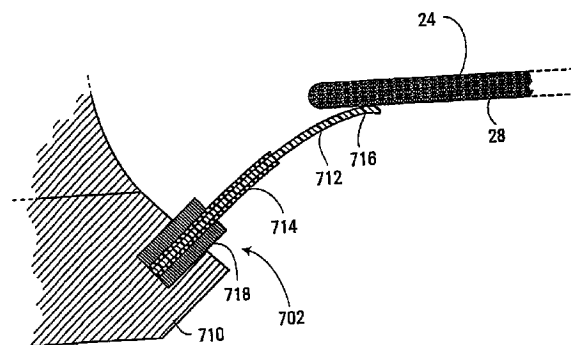
权利要求书15页 说明书34页 附图25页

(54) 发明名称

用来支撑工件和用来热处理工件的方法和系统

(57) 摘要

一种用来支撑工件如半导体晶圆的设备和方法。一种设计用来在允许工件热致运动的同时支撑工件的支撑系统, 该热致运动可以包括热弯曲和热挠曲。该系统可以包括具有与工件接合的活动接合部分的支撑组件, 该活动接合部分可以移动以在支撑工件的同时允许工件热致运动。该活动接合部分可以包括多个各支撑组件的多个活动接合部分, 其可与工件弹性接合。该支撑系统可以包括各自具有非约束部分和约束部分的柔性支撑组件, 并且该活动接合部分可以包括非约束部分。可以选择的是, 该支撑系统可以是刚性的, 并且该系统可以包括与支撑组件连通的多个施力器如弹簧。



1. 一种用来支撑半导体工件的设备,所述设备包括:

设计用来加热相对于大部分工件的工件表面以引起工件热致运动的加热系统,其中所述加热系统包括设计用来辐射工件表面的辐射系统;和

设计用来在允许工件热致运动的同时支撑工件的支撑系统,其中所述支撑系统包括具有与工件接合的活动接合部分的支撑组件,其中所述接合部分是活动的,以在支撑工件的同时允许工件热致运动,其中所述支撑组件的活动接合部分可与工件弹性接合。

2. 权利要求 1 的设备,其中所述工件包括半导体晶圆,其中所述活动接合部分与半导体晶圆接合,以在支撑所述晶圆的同时允许所述晶圆热致运动。

3. 权利要求 1 的设备,其中所述接合部分可自动响应工件的热致运动而移动。

4. 权利要求 1 的设备,其中所述接合部分是活动的,以在热致运动期间支撑工件时使所述工件内的应力最小。

5. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑系统被设计用来在将工件重心保持在所需范围内的同时允许工件外侧区域运动。

6. 权利要求 5 的设备,其中所述支撑系统被设计用来使工件重心的移动最小。

7. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑系统被设计用来在允许工件热弯曲的同时支撑所述工件。

8. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑系统被设计用来在允许工件热挠曲的同时支撑所述工件。

9. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑组件包括刚性活动支撑组件。

10. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑组件为柔性的且具有约束部分和非约束部分,其中所述活动接合部分包括非约束部分。

11. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑组件的接合部分包括多个相应支撑组件的多个活动接合部分。

12. 权利要求 11 的设备,其中所述多个相应支撑组件的多个活动接合部分包括至少 3 个相应支撑组件的至少 3 个活动接合部分。

13. 权利要求 11 的设备,其中所述多个相应支撑组件的多个活动接合部分包括至少 4 个相应支撑组件的至少 4 个活动接合部分。

14. 权利要求 1 的设备,其中所述支撑系统被设计用来抑制工件的振动。

15. 权利要求 14 的设备,其中所述支撑系统被设计用来抑制工件的至少一种固有振动模式。

16. 权利要求 15 的设备,其中所述支撑系统被设计用来抑制工件的第二固有振动模式。

17. 权利要求 15 的设备,其中所述支撑系统被设计用来抑制工件的第一固有振动模式。

18. 权利要求 14 的设备,其中所述支撑系统被设计用来从工件吸收动能。

19. 权利要求 11 的设备,其中所述多个支撑组件的多个活动接合部分包括多个相应支撑针脚的多个尖端。

20. 权利要求 19 的设备,其中所述支撑针脚的尖端与工件外周区域接合。

21. 权利要求 20 的设备,其中所述系统被设计用来自动响应工件外周区域的热致运

动,从而允许支撑针脚尖端运动。

22. 权利要求 11 的设备,其中多个活动接合部分的每一个与工件弹性接合。

23. 权利要求 22 的设备,还包括与多个支撑组件连通的多个施力器,以对其施加力,从而使得在工件热致运动期间各接合部分易于保持与工件的接触。

24. 权利要求 23 的设备,其中各施力器包括力矩施加器。

25. 权利要求 24 的设备,其中所述力矩施加器被设计用来在设置在所述支撑组件支点和所述接合部分之间的支撑组件上的位置施加向上的力。

26. 权利要求 24 的设备,其中所述力矩施加器被设计用来在所述支撑组件上的位置施加向下的力,以使支撑组件的支点被设置到所述位置和所述接合部分之间。

27. 权利要求 23 的设备,其中所述各力矩施加器包括设计用来施加第一和第二相反力矩到各支撑组件的第一和第二力矩施加器,第二力矩的作用是对抗支撑组件越过其平衡位置。

28. 权利要求 23 的设备,其中各施力器包括连接至支撑组件的弹簧。

29. 权利要求 28 的设备,其中所述弹簧包括恒力弹簧。

30. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括对至少某些能够热辐射工件的辐射波长透明的材料。

31. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括光学透明材料。

32. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括石英。

33. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括蓝宝石。

34. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括金属。

35. 权利要求 19 的设备,其中所述多个支撑针脚包括钨。

36. 权利要求 19 的设备,其中多个相应支撑针脚的多个尖端的每一个具有外涂层。

37. 权利要求 36 的设备,其中所述外涂层包括氮化钨。

38. 权利要求 36 的设备,其中所述外涂层包括碳化钨。

39. 权利要求 11 的设备,其中多个支撑组件的多个活动接合部分包括多个相应支撑针脚的表面光滑的多个尖端。

40. 权利要求 11 的设备,还包括设计用来响应工件热致运动而移动活动接合部分的支撑组件运动系统。

41. 权利要求 40 的设备,其中所述支撑组件运动系统被设计用来响应工件热致运动而移动支撑组件。

42. 权利要求 41 的设备,其中所述运动系统包括连接至支撑组件用于各支撑组件的各传动装置。

43. 权利要求 42 的设备,其中所述运动系统被设计用来施加电流至各传动装置以移动各支撑组件。

44. 权利要求 42 的设备,其中各传动装置包括连接至支撑组件的音圈传动装置。

45. 权利要求 42 的设备,其中各传动装置包括连接至支撑组件的压电传动装置。

46. 权利要求 42 的设备,其中各传动装置包括连接至支撑组件的线性伺服传动装置。

47. 权利要求 42 的设备,其中所述运动系统还包括用于各传动装置的、设计用来将传动装置的活动组件的线性运动转换成支撑组件的曲线运动的运动转换器。

48. 权利要求 41 的设备,其中所述运动系统包括设计用来调节多个支撑组件的位置的至少一个控制器,以使工件重量和由多个支撑组件的多个接合部分施加的向上的力之差最小。

49. 权利要求 41 的设备,其中所述运动系统包括设计用来调节支撑组件的位置的至少一个控制器,以保持工件重量和由多个支撑组件的多个接合部分施加的向上的力之差处于所需范围内。

50. 权利要求 40 的设备,其中所述运动系统被设计用来响应热致运动的预测值而移动支撑组件。

51. 权利要求 40 的设备,其中所述运动系统被设计用来响应热致运动的所检测参数而移动支撑组件。

52. 权利要求 40 的设备,还包括设计用来检测工件热致运动的至少一个检测器。

53. 权利要求 52 的设备,其中所述运动系统包括多个传动装置,其每个均连接至相应的多个支撑组件之一,其中在相应多个传动装置中,至少一个检测器被设计用来检测由工件运动施加到各支撑组件的接合部分的力所引起的电流。

54. 权利要求 53 的设备,还包括设计用来施加电流到各传动装置以运动接合部分的至少一个控制器。

55. 权利要求 54 的设备,其中多个传动装置包括多个音圈传动装置。

56. 权利要求 53 的设备,其中,对于各传动装置,至少一个检测器被设计用来检测电流与所需电流水平的偏差,并且至少一个控制器被设计用来控制所述传动装置以调节支撑组件的位置从而使所述偏差最小。

57. 权利要求 53 的设备,其中所述至少一个检测器包括与所述传动装置连通的至少一个处理器电路。

58. 权利要求 57 的设备,其中所述至少一个检测器包括多个处理器电路,其每一个均与相应的多个传动装置之一连通。

59. 权利要求 54 的设备,其中所述至少一个控制器包括与所述传动装置连通的至少一个处理器电路。

60. 权利要求 59 的设备,其中所述至少一个控制器包括多个处理器电路,其每一个均与相应的多个传动装置之一连通。

61. 权利要求 54 的设备,其中所述至少一个控制器包括至少一个检测器。

62. 权利要求 11 的设备,其中多个支撑组件的多个活动接合部分包括与工件下表面接合的第一组相应支撑组件的第一组活动接合部分,和与工件上表面接合的第二组相应支撑组件的第二组活动接合部分。

63. 权利要求 62 的设备,其中第一和第二组接合部分分别在工件外周区域与工件的下表面和上表面接合。

64. 权利要求 40 的设备,其中所述运动系统被设计用来运动接合部分以使施加在工件和所述接合部分之间的力最小。

65. 权利要求 64 的设备,其中多个支撑组件的多个接合部分包括与工件下表面接合的第一组相应支撑组件的第一组活动接合部分,其中所述运动系统被设计用来移动第一组接合部分以使工件重量和施加在第一组接合部分和工件间的力之差最小。

66. 权利要求 65 的设备,其中多个支撑组件的多个接合部分还包括与工件上表面接合的第二组相应支撑组件的第二组活动接合部分,其中所述运动系统被设计用来移动第二组接合部分以使工件重量和施加在工件和第二组接合部分间的力之差最小。

67. 权利要求 40 的设备,其中多个活动接合部分的每一个与工件弹性接合,其中所述运动系统被设计用来响应热致运动而移动多个支撑组件。

68. 权利要求 67 的设备,还包括设计用来对于其相应支点施加力矩到支撑组件的多个力矩施加器,以使接合部分易于保持与工件的接触,其中所述运动系统被设计用来移动支撑组件的支点。

69. 权利要求 68 的设备,其中多个力矩施加器包括在其支点以外的位置连接至支撑组件的多个弹簧,其中所述运动系统被设计用来施加电流到连接至多个支撑组件的多个传动装置以移动支撑组件。

70. 权利要求 67 的设备,其中多个支撑组件包括多个柔性支撑组件,其每一个均具有约束部分和非约束部分;其中非约束部分与工件弹性接合;并且其中所述运动系统被设计用来移动支撑组件的约束部分。

71. 权利要求 70 的设备,其中将多个传动装置连接至多个约束部分。

72. 权利要求 67 的设备,还包括设计用来检测工件热致运动的检测器。

73. 权利要求 11 的设备,其中所述多个支撑组件包括多个柔性支撑组件,其每一个均具有约束部分和非约束部分,并且其中活动接合部分包括柔性支撑组件的非约束部分。

74. 权利要求 73 的设备,其中多个柔性支撑组件包括多个纤维。

75. 权利要求 74 的设备,其中多个纤维包括多个光纤。

76. 权利要求 74 的设备,其中多个纤维包括多个石英纤维。

77. 权利要求 74 的设备,其中多个纤维包括多个蓝宝石纤维。

78. 权利要求 73 的设备,还包括设计用来约束所述柔性支撑组件的约束部分的至少一个约束器。

79. 权利要求 78 的设备,其中至少一个约束器包括环绕工件外周配置的多个约束器。

80. 权利要求 79 的设备,其中多个约束器由数目少于柔性支撑组件的约束器组成,并且其中各约束器被设计用来约束多于一个的柔性支撑组件。

81. 权利要求 80 的设备,其中各约束器被设计用来约束通常彼此平行的多于一个的柔性支撑组件。

82. 权利要求 80 的设备,其中各约束器被设计用来约束通常彼此发散的多于一个的柔性支撑组件。

83. 权利要求 79 的设备,其中多个约束器由与柔性支撑组件数目相同的约束器组成,并且其中各约束器被设计用来约束各自对应的约束部分之一。

84. 权利要求 79 的设备还包括设计用来施加力到多个约束器的多个施力器,以使各非约束部分易于在工件热致运动期间保持与工件的接触。

85. 权利要求 84 的设备,其中多个施力器包括多个力矩施加器。

86. 权利要求 84 的设备,其中多个施力器包括多个弹簧。

87. 权利要求 73 的设备,其中各接合部分以相对于工件平面 10-80 度角与工件下表面接合。

88. 权利要求 73 的设备,其中各接合部分以相对于工件平面 15-35 度角与工件下表面接合。

89. 权利要求 73 的设备,其中各接合部分以相对于工件平面 25 度角与工件下表面接合。

90. 权利要求 78 的设备,其中各柔性支撑组件包括位于其末端的约束部分,并且其中非约束部分从约束部分向内朝工件中心区域延伸。

91. 权利要求 90 的设备,其中各非约束部分的内尖端向内延伸穿过工件外缘,并且其中所述接合部分包括沿非约束部分位于约束部分和内尖端之间的中间点,所述中间点与工件外缘接合。

92. 权利要求 78 的设备,其中至少一个约束器包括环绕工件的工件平面板。

93. 权利要求 92 的设备,其中所述约束器包括至少一个用来夹持约束部分的夹具。

94. 权利要求 92 的设备,其中工件平面板将多个工件支撑孔限定在其内侧表面中,并且其中将约束部分固定到工件平面板,同时非约束部分通过工件支撑孔向内朝工件延伸。

95. 权利要求 92 的设备,其中工件平面板被设计用来将约束部分约束在通常水平方向,以使非约束部分通常水平向内朝工件中心区域延伸,同时向下下陷。

96. 权利要求 95 的设备,其中非约束部分可与工件外缘接合。

97. 权利要求 96 的设备,其中非约束部分可以相对于工件平面向下小于约 10 度的角度与工件外缘接合。

98. 权利要求 92 的设备,其中多个柔性支撑组件包括多个伸长的柔性支撑组件。

99. 权利要求 98 的设备,其中多个伸长的柔性支撑组件包括至少 20 个伸长的柔性支撑组件。

100. 权利要求 98 的设备,其中多个伸长的柔性支撑组件包括至少 50 个伸长的柔性支撑组件。

101. 权利要求 73 的设备,其中多个柔性支撑组件包括间隔开的第一和第二约束部分,同时非约束部分衍生在其间的弯曲路径中。

102. 权利要求 78 的设备,其中各柔性支撑组件包括位于限定非约束部分于其间的支撑组件的相反末端处的第一和第二约束部分,并且其中至少一个约束器包括设计用来约束间隔开的第一和第二约束部分以使非约束部分在其间的弯曲路径中延伸的第一和第二约束器。

103. 权利要求 101 的设备,其中非约束部分沿弯曲路径从第一约束部分向上和向内朝工件延伸至与其接触的区域,并从接触区域向下和向外延伸至第二约束部分。

104. 权利要求 103 的设备,其中非约束部分沿弯曲路径延伸以使得接触区域处非约束部分的切线基本平行于接触区域附近的工件外圆周的切线。

105. 权利要求 103 的设备,其中非约束部分沿弯曲路径延伸以使得位于接触区域处非约束部分的切线径向向内朝工件中心延伸。

106. 权利要求 101 的设备,其中非约束部分沿弯曲路径延伸以形成从工件平面下方的第一约束部分延伸且在工件下表面接触工件的第一通常环形路径段,在工件外缘和工件平面板内缘之间延伸的第二通常环形路径段,以及在工件上方延伸并且在工件上表面接触工件的第三通常环形路径段,所述弯曲路径终止于第二约束部分。

107. 权利要求 106 的设备,还包括设计用来牵引第二约束部分以将第三通常环形路径段移出限定在工件上表面上方的空间。

108. 权利要求 101 的设备,其中将第一和第二约束部分固定到工件平板以防止约束部分移动。

109. 权利要求 101 的设备,其中第一和第二约束部分的至少其一被可伸缩约束。

110. 权利要求 109 的设备,还包括设计用来收缩第一和第二约束部分的至少其一的牵引器,以有效缩短非约束部分。

111. 权利要求 109 的设备,还包括设计用来延伸第一和第二约束部分的至少其一的牵引器,以有效伸长非约束部分。

112. 权利要求 73 的设备,其中多个柔性支撑组件包括第一组和第二组伸长的柔性支撑组件,其中第一组柔性支撑组件的非约束部分与工件下表面接合,其中第二组柔性支撑组件的非约束部分与工件上表面接合。

113. 权利要求 1 的设备,还包括设计用来横向支撑工件的横向支撑组件。

114. 权利要求 113 的设备,其中横向支撑组件包括位于相对于工件外缘的相应位置的多个横向支撑组件。

115. 权利要求 114 的设备,其中多个横向支撑组件的每一个与工件外缘弹性接合。

116. 权利要求 114 的设备,其中多个横向接合组件包括多个柔性纤维。

117. 权利要求 116 的设备,其中柔性纤维以基本垂直于工件平面的角度定位。

118. 权利要求 113 的设备,其中支撑组件包括横向支撑组件,并且其中支撑组件包括可与工件下表面接合的活动垂直支撑组件,和可与工件外缘接合的横向支撑接合部分。

119. 权利要求 118 的设备,其中支撑组件包括多个可与工件接合的垂直和横向支撑接合部分。

120. 权利要求 118 的设备,其中垂直和横向支撑接合部分与工件弹性接合。

121. 权利要求 118 的设备,其中垂直和横向支撑接合部分是柔性的。

122. 权利要求 121 的设备,其中垂直和横向支撑接合部分包括第一和第二纤维。

123. 权利要求 116 的设备,其中所述纤维包括光纤。

124. 权利要求 116 的设备,其中所述纤维包括石英纤维。

125. 权利要求 116 的设备,其中所述纤维包括蓝宝石纤维。

126. 权利要求 1 的设备,其中所述辐射系统被设计用来辐射所述表面持续短于工件的热传导时间的时间段,以加热所述表面至高于大部分工件温度的较高温度。

127. 权利要求 126 的设备,其中辐射系统被设计用来辐射所述表面持续少于约 1 毫秒的时间段。

128. 权利要求 1 的设备,其中所述辐射系统被设计用来:

辐射工件表面持续短于工件热传导时间的第一时间段,以加热所述表面至高于大部分工件温度的中间温度;和

辐射所述表面持续短于工件热传导时间的第二时间段,以加热所述表面至高于所述中间温度的所需温度,其中第二时间段在足以允许工件发生至少一些热弯曲的第一时间段之后的间隔内开始。

129. 权利要求 128 的设备,其中所述辐射系统被设计用来在第二时间段期间施加比在

第一时间段期间更多的辐射能到工件表面。

130. 权利要求 128 的设备,其中所述辐射系统被设计用来在第一时间段结束几毫秒后开始第二时间段。

131. 权利要求 1 的设备,其中所述辐射系统被设计用来连续辐射工件表面持续间隔短于工件的热传导时间且足够长,以允许工件发生至少一些热弯曲。

132. 权利要求 1 的设备,其中所述辐射系统被设计用来在间隔期间改变辐射强度。

133. 权利要求 132 的设备,其中所述辐射系统被设计用来在间隔的后期以比间隔的前期更大的强度辐射所述表面。

134. 权利要求 1 的设备,其中所述辐射系统包括闪光灯。

135. 权利要求 134 的设备,其中所述闪光灯包括液冷弧光灯。

136. 权利要求 134 的设备,其中所述闪光灯包括水壁弧光灯。

137. 权利要求 136 的设备,其中水壁弧光灯包括双水壁弧光灯。

138. 一种支撑半导体工件的方法,所述方法包括:

加热相对于大部分工件的工件表面以引起工件热致运动,其中加热包括辐射工件表面;和

在允许工件热致运动的同时支撑工件,其中支撑包括将支撑组件的活动接合部分与工件接合,所述接合部分为活动的,以在支撑工件的同时允许工件热致运动,其中接合包括将支撑组件活动接合部分与工件弹性接合。

139. 权利要求 138 的方法,其中接合包括将支撑组件的活动接合部分与半导体晶圆接合,以在支撑晶圆的同时允许晶圆热致运动。

140. 权利要求 138 的方法,还包括自动响应工件热致运动而允许所述接合部分移动。

141. 权利要求 138 的方法,其中允许热致运动包括允许接合部分移动,以在热致运动期间支撑工件的同时使工件内的应力最小。

142. 权利要求 138 的方法,其中允许热致运动包括在保持工件重心处于所需范围内的同时允许工件外侧区域移动。

143. 权利要求 142 的方法,其中保持包括使工件重心移动最小。

144. 权利要求 138 的方法,其中允许包括允许工件热弯曲。

145. 权利要求 138 的方法,其中允许包括允许工件热挠曲。

146. 权利要求 138 的方法,其中接合包括将作为接合部分的部分刚性活动支撑组件与工件接合。

147. 权利要求 138 的方法,其中支撑组件是柔性的且具有约束部分和非约束部分,并且其中接合包括将非约束部分与工件接合。

148. 权利要求 138 的方法,其中接合包括将多个相应支撑组件的多个活动接合部分与工件接合。

149. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将至少 3 个相应支撑组件的至少 3 个活动接合部分与工件接合。

150. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将至少 4 个相应支撑组件的至少 4 个活动接合部分与工件接合。

151. 权利要求 138 的方法,还包括抑制工件的振动。

152. 权利要求 151 的方法,其中抑制包括工件的至少一种固有振动模式。
153. 权利要求 152 的方法,其中抑制包括抑制工件的第二固有振动模式。
154. 权利要求 152 的方法,其中抑制包括抑制工件的第一固有振动模式。
155. 权利要求 151 的方法,其中抑制包括从工件吸收动能。
156. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
157. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将支撑针脚的尖端与工件外周区域接合。
158. 权利要求 157 的方法,还包括自动响应工件外周区域的热致运动而允许支撑针脚的尖端移动。
159. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将各活动接合部分与工件弹性接合。
160. 权利要求 159 的方法,其中弹性接合包括施加力到各支撑组件以使各接合部分易于在工件热致运动期间保持与工件的接触。
161. 权利要求 160 的方法,其中施加力包括施加力矩到各支撑组件。
162. 权利要求 161 的方法,其中施加力矩包括在设置在支撑组件支点和接合部分之间的各支撑组件上的位置处施加向上的力。
163. 权利要求 161 的方法,其中施加力矩包括在各支撑组件上的位置处施加向下的力,以使得支撑组件的支点被设置在所述位置和接合部分之间。
164. 权利要求 160 的方法,其中施加力包括施加第一和第二力以施加第一和第二相反的力矩到各支撑组件,第二力矩的作用为对抗支撑组件越过其平衡位置。
165. 权利要求 160 的方法,其中施加力包括施加弹簧力。
166. 权利要求 165 的方法,其中施加弹簧力包括用连接至各支撑组件的弹簧来施加力。
167. 权利要求 165 的方法,其中施加弹簧力包括用连接至各支撑组件的恒力弹簧来施加恒力。
168. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合,所述的多个相应支撑针脚的多个尖端包含对至少某些能够辐射加热工件的辐射波长透明的材料。
169. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将包含光学透明材料的多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
170. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将包括石英的多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
171. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将包括蓝宝石的多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
172. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将包括金属的多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
173. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将包括钨的多个相应支撑针脚的多个尖端与工件接合。
174. 权利要求 156 的方法,其中接合包括将多个相应支撑针脚的多个涂覆的尖端与工件接合。

175. 权利要求 174 的方法,其中接合包括将多个相应钨支撑针脚的氮化钨涂覆的多个尖端与工件接合。

176. 权利要求 174 的方法,其中接合包括将多个相应钨支撑针脚的碳化钨涂覆的多个尖端与工件接合。

177. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将多个相应支撑针脚的表面光滑的多个尖端与工件接合。

178. 权利要求 148 的方法还包括响应工件热致运动而移动活动接合部分。

179. 权利要求 178 的方法,其中移动活动接合部分包括移动支撑组件。

180. 权利要求 179 的方法,其中移动支撑组件包括对于各支撑组件,施加电流到连接至支撑组件的传动装置。

181. 权利要求 180 的方法,其中施加电流包括施加电流到连接至支撑组件的音圈传动装置。

182. 权利要求 180 的方法,其中施加电流包括施加电流到连接至支撑组件的压电传动装置。

183. 权利要求 180 的方法,其中施加电流包括施加电流到连接至支撑组件的线性伺服传动装置。

184. 权利要求 180 的方法,还包括将传动装置的活动组件的线性运动转换成支撑组件的曲线运动。

185. 权利要求 179 的方法,其中移动包括调节多个支撑组件位置,以使工件重量和由多个支撑组件的多个接合部分施加到工件的向上的力之间的差最小。

186. 权利要求 179 的方法,其中移动包括包括调节多个支撑组件位置,以保持工件重量和由多个支撑组件的多个接合部分施加到工件的向上的力之间的差在所需范围内。

187. 权利要求 178 的方法,其中响应热致运动而移动接合部分包括响应热致运动的预测值而移动支撑组件。

188. 权利要求 178 的方法,其中响应热致运动而移动接合部分包括响应热致运动的检测参数而移动支撑组件。

189. 权利要求 178 的方法,还包括检测工件的热致运动。

190. 权利要求 189 的方法,其中检测包括在每一个都连接到相应的多个支撑组件之一的多个传动装置中,检测由工件运动施加到支撑组件的接合部分的力引起的电流。

191. 权利要求 190 的方法,其中移动接合部分包括施加电流到各传动装置。

192. 权利要求 190 的方法,其中检测电流包括检测每一个都连接至相应的支撑组件之一的多个音圈传动装置中的电流,并且其中移动接合部分包括施加电流到音圈传动装置。

193. 权利要求 190 的方法,其中检测电流包括对于各传动装置,检测的电流与所需电流水平的偏差,并且其中移动接合部分包括对于各支撑组件,调节支撑组件的位置以使所述偏差最小。

194. 权利要求 193 的方法,其中检测所述偏差包括检测在连通传动装置的处理电路处的偏差。

195. 权利要求 148 的方法,其中接合包括将第一组各支撑组件的第一组活动接合部分与工件下表面接合,和将第二组支撑组件的第二组接合部分与工件上表面接合。

196. 权利要求 195 的方法,其中接合包括将第一组和第二组接合部分在工件的外周区域与工件的下表面和上表面接合。

197. 权利要求 178 的方法,其中移动包括移动接合部分,以使施加在工件和接合部分之间的力最小。

198. 权利要求 197 的方法,其中移动包括移动接合到工件下表面的第一组各支撑组件的第一族接合部分,以使工件重量和施加在第一组接合部分和工件间的力之差最小。

199. 权利要求 198 的方法,其中移动包括移动接合到工件上表面的第二组各支撑组件的第二组接合部分,以使施加在工件和第二组接合部分之间的力最小。

200. 权利要求 178 的方法,其中接合包括将支撑组件的接合部分与工件弹性接合,并且其中移动包括响应热致运动而移动支撑组件。

201. 权利要求 200 的方法,其中弹性接合包括对于支撑组件的各支点施加力矩到支撑组件以使接合部分易于保持与工件的接触,并且其中移动包括移动支撑组件的支点。

202. 权利要求 201 的方法,其中施加力矩包括在支撑组件的支点以外的位置施加弹簧力到支撑组件,并且其中移动包括施加电流到连接至多个支撑组件的多个传动装置以移动支撑组件。

203. 权利要求 200 的方法,其中多个支撑组件包括多个柔性支撑组件,其每一个均具有约束部分和非约束部分,其中弹性接合包括将柔性支撑组件的非约束部分与工件弹性接合,并且其中移动包括移动支撑组件的约束部分。

204. 权利要求 203 的方法,其中移动包括施加电流到连接至多个约束部分的多个传动装置。

205. 权利要求 200 的方法,还包括检测工件的热致运动。

206. 权利要求 148 的方法,其中多个支撑组件包括每个都具有非约束部分和约束部分的多个柔性支撑组件,并且其中接合多个活动接合部分包括将柔性支撑组件的非约束部分与工件接合。

207. 权利要求 206 的方法,其中多个柔性支撑组件包括多个纤维,并且其中接合包括将纤维的非约束部分与工件接合。

208. 权利要求 206 的方法,其中多个柔性支撑组件包括多个光纤,并且其中接合包括将纤维的非约束部分与工件接合。

209. 权利要求 206 的方法,其中多个柔性支撑组件包括多个石英纤维,并且其中接合包括将石英纤维的非约束部分与工件接合。

210. 权利要求 206 的方法,其中多个柔性支撑组件包括多个蓝宝石纤维,并且其中接合包括将蓝宝石纤维的非约束部分与工件接合。

211. 权利要求 206 的方法,还包括约束柔性支撑组件的各约束部分。

212. 权利要求 211 的方法,其中约束包括将约束部分约束在环绕工件外周配置的多个约束器中。

213. 权利要求 212 的方法,其中多个约束器由数目少于柔性支撑组件的约束器组成,并且其中约束器包括将多于一个的柔性支撑组件约束在各约束器中。

214. 权利要求 213 的方法,其中约束包括在每个约束器中约束通常彼此平行的多于一个的柔性支撑组件。

215. 权利要求 213 的方法,其中约束包括在每个约束器中约束通常彼此发散的多于一个的柔性支撑组件。

216. 权利要求 212 的方法,其中多个约束器由与柔性支撑组件数目相同的约束器组成,并且其中约束包括将各约束部分约束在各相对应的约束器中。

217. 权利要求 212 的方法,其中接合包括施加力到各约束器中,以使非约束部分在工件热致运动期间易于保持与工件的接触。

218. 权利要求 217 的方法,其中施加力包括施加力矩。

219. 权利要求 217 的方法,其中施加力包括施加弹力。

220. 权利要求 206 的方法,其中接合包括使各接合部分以相对于工件平面 10-80 度角与工件下表面接合。

221. 权利要求 206 的方法,其中接合包括使各接合部分以相对于工件平面 15-35 度角与工件下表面接合。

222. 权利要求 206 的方法,其中接合包括使各接合部分以相对于工件平面 25 度角与工件下表面接合。

223. 权利要求 211 的方法,其中各柔性支撑组件包括位于其末端的约束部分,并且其中约束包括约束约束部分,以使非约束部分向内朝工件中心区域延伸。

224. 权利要求 223 的方法,其中各非约束部分的内尖端向内延伸穿过工件外缘,并且其中接合包括将沿非约束部分位于约束部分和内尖端之间的中间点与工件外缘接合。

225. 权利要求 211 的方法,其中约束包括将约束部分约束在环绕工件的工件平面板中。

226. 权利要求 225 的方法,其中约束包括夹持。

227. 权利要求 225 的方法,其中约束各约束部分包括将约束部分固定到工件平面板,同时非约束部分通过限定在所述板中的工件支撑孔向内朝工件延伸。

228. 权利要求 225 的方法,其中约束包括将约束部分约束在通常水平方向上,以使非约束部分在向下下陷的同时通常水平方向上向内朝工件中心区域延伸。

229. 权利要求 228 的方法,其中接合包括将非约束部分与工件外缘接合。

230. 权利要求 229 的方法,其中接合包括以相对于工件平面向下小于约 10 度的角将非约束部分与工件外缘接合。

231. 权利要求 225 的方法,其中多个柔性支撑组件包括多个伸长的柔性支撑组件。

232. 权利要求 231 的方法,其中多个伸长的柔性支撑组件包括至少 20 个伸长的柔性支撑组件,并且其中约束包括将至少 20 个伸长的各柔性支撑组件约束在工件平面板中。

233. 权利要求 231 的方法,其中多个伸长的柔性支撑组件包括至少 50 个伸长的柔性支撑组件,并且其中约束包括将至少 50 个伸长的各柔性支撑组件约束在工件平面板中。

234. 权利要求 211 的方法,其中各柔性支撑组件包括位于限定非约束部分于其间的支撑组件的相反末端处的第一和第二约束部分,并且其中约束包括约束间隔开的第一和第二约束部分以使非约束部分在其间的弯曲路径中延伸。

235. 权利要求 234 的方法,其中约束包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径从第一约束部分向上和向内朝工件延伸至与其接触的区域,并从接触区域向下和向外延伸至第二约束部分。

236. 权利要求 235 的方法,其中约束包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而使位于接触区域的非约束部分的切线基本平行于接触区域附近的工件外圆周的切线。

237. 权利要求 235 的方法,其中约束包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而使位于接触区域的非约束部分的切线径向向内朝工件中心延伸。

238. 权利要求 234 的方法,其中约束包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而形成从工件平面下方的第一约束部分延伸且在工件下表面接触工件的第一通常环形路径段,在工件外缘和工件平板内缘之间延伸的第二通常环形路径段,以及在工件上方延伸并且在工件上表面接触工件的第三通常环形路径段,所述弯曲路径终止于第二约束部分。

239. 权利要求 238 的方法,还包括收缩第二约束部分以将第三通常环形路径段移出限定在工件上表面上方的空间。

240. 权利要求 234 的方法,其中约束包括将第一和第二约束部分固定到工件平板以防止约束部分移动。,

241. 权利要求 234 的方法,其中约束包括可回缩地约束至少第一和第二约束部分的其一。

242. 权利要求 241 的方法,还包括收缩至少第一和第二约束部分的其一以有效缩短非约束部分。

243. 权利要求 241 的方法,还包括延伸至少第一和第二约束部分的其一以有效伸长非约束部分。

244. 权利要求 206 的方法,其中多个柔性支撑组件包括第一组和第二组伸长的柔性支撑组件,其中接合多个活动接合部分包括将第一组柔性支撑组件的非约束部分与工件下表面接合,并将第二组柔性支撑组件的非约束部分与工件上表面接合。

245. 权利要求 137 的方法,还包括横向支撑工件。

246. 权利要求 245 的方法,其中横向支撑包括将多个横向支撑组件定位于相对工件外缘的各位置。

247. 权利要求 246 的方法,其中定位包括将多个横向支撑组件与工件外缘弹性接合。

248. 权利要求 246 的方法,其中定位包括将多个柔性纤维定位于各位置。

249. 权利要求 248 的方法,其中定位包括将柔性纤维以基本垂直于工件平面的角度定位。

250. 权利要求 245 的方法,其中接合和横向支撑包括将支撑组件的垂直支撑接合部分与工件的下表面接合,以及将支撑组件的横向支撑接合部分与工件外缘接合。

251. 权利要求 250 的方法,其中接合和横向支撑包括将多个相应支撑组件的多个垂直和横向支撑接合部分与工件接合。

252. 权利要求 250 的方法,其中接合和横向支撑包括将垂直和横向支撑部分与工件弹性接合。

253. 权利要求 250 的方法,其中接合和横向支撑包括接合作为垂直和横向支撑接合部分的柔性支撑组件。

254. 权利要求 253 的方法,其中接合和横向支撑包括将作为垂直和横向支撑接合部分

的第一和第二纤维与工件接合。

255. 权利要求 248 的方法,其中定位包括定位多个光纤。

256. 权利要求 248 的方法,其中定位包括定位多个石英纤维。

257. 权利要求 248 的方法,其中定位包括定位多个蓝宝石纤维。

258. 权利要求 138 的方法,其中辐射包括辐射所述表面持续短于工件的热传导时间的时间段,以加热所述表面至高于大部分工件温度的较高温度。

259. 权利要求 258 的方法,其中辐射包括辐射所述表面持续少于约 1 毫秒的时间段。

260. 权利要求 138 的方法,其中辐射包括:

辐射工件表面持续短于工件热传导时间的第一时间段,以加热所述表面至高于大部分工件温度的中间温度;和

辐射所述表面持续短于工件热传导时间的第二时间段,以加热所述表面至高于所述中间温度的所需温度,其中第二时间段在足以允许工件发生至少一些热弯曲的第一时间段之后的间隔内开始。

261. 权利要求 260 的方法,其中辐射包括在第二时间段期间施加比第一时间段期间更多的辐射能到工件表面。

262. 权利要求 260 的方法,其中辐射包括在第一时间段结束几毫秒后开始第二时间段。

263. 权利要求 257 的方法,其中辐射包括连续辐射工件表面持续间隔短于工件的热传导时间且足够长,以允许工件发生至少一些热弯曲。

264. 权利要求 257 的方法,其中辐射包括在间隔期间改变辐射强度。

265. 权利要求 264 的方法,其中辐射包括在间隔的后期比以间隔的前期更大的强度辐射所述表面。

266. 权利要求 138 的方法,其中辐射包括用闪光灯辐射所述表面。

267. 一种支撑半导体工件的设备,所述设备包括:

用来加热相对于大部分工件的工件表面以使工件热致运动的装置;和支撑工件同时允许工件热致运动的装置,其中支撑工件同时允许工件热致运动的装置包括用来支撑半导体晶圆的装置和用来在支撑晶圆的同时允许晶圆热致运动的装置,

所述设备还包括用来响应工件热致运动而移动支撑装置的装置,其中支撑装置包括用来弹性支撑工件的装置。

268. 权利要求 267 的设备,其中用来允许工件热致运动的装置包括用来自动响应工件热致运动而允许支撑装置移动的装置。

269. 权利要求 267 的设备,其中用来允许热致运动的装置包括用来允许支撑装置移动以在热致运动期间支撑工件的同时使工件内应力最小的装置。

270. 权利要求 267 的设备,其中用来允许热致运动的装置包括用来在保持工件的重心处于所需范围内的同时允许工件外缘移动的装置。

271. 权利要求 270 的设备,其中用来允许工件热致运动的装置包括用来使工件重心移动最小的装置。

272. 权利要求 267 的设备,其中用来允许工件热致运动的装置包括用来允许工件热弯曲的装置。

273. 权利要求 267 的设备,其中用来允许工件热致运动的装置包括用来允许工件热挠曲的装置。

274. 权利要求 267 的设备,还包括用来抑制工件振动的装置。

275. 权利要求 274 的设备,其中用来抑制振动的装置包括用来从工件吸收动能的装置。

276. 权利要求 267 的设备还包括用来施加力到支撑装置以使支撑装置易于在工件热致运动期间保持与工件的接触的装置。

277. 权利要求 276 的设备,其中用来施加力的装置包括用来施加力矩到支撑装置的装置。

278. 权利要求 276 的设备,其中用来施加力的装置包括用来施加第一力的装置和用来施加第二力的装置,以施加第一和第二相反力矩到支撑装置,第二力矩的作用是对抗支撑装置越过其平衡位置。

279. 权利要求 276 的设备,其中用来施加力的装置包括用来施加恒力的装置。

280. 权利要求 276 的设备,其中支撑装置包括用来传输能够辐射加热工件的至少某些辐射波长的装置。

281. 权利要求 276 的设备,其中支撑装置包括用来减少支撑装置和工件之间的摩擦的装置。

282. 权利要求 267 的设备,还包括用来将支撑装置的活动组件的线性运动转换成支撑装置的曲线运动的装置。

283. 权利要求 267 的设备,其中用来移动的装置包括用来调节支撑装置的位置以使工件重量和由支撑装置施加到工件的向上的力之差最小的装置。

284. 权利要求 267 的设备,其中用来移动的装置包括用来调节支撑装置的位置以将工件重量和由支撑装置施加到工件的向上的力之差保持在所需范围内的装置。

285. 权利要求 267 的设备,还包括用来检测工件热致运动的装置。

286. 权利要求 267 的设备,其中支撑装置包括第一支撑工件的装置和第二支撑工件的装置,第一支撑装置可与工件下表面接合,第二支撑装置可与工件的上表面接合。

287. 权利要求 286 的设备,其中第一和第二支撑装置可在工件的外周区域与工件下表面和上表面接合。

288. 权利要求 267 的设备,其中用来移动的装置包括用来使施加在工件和接合部分之间的力最小的装置。

289. 权利要求 288 的设备,其中用来最小化的装置包括用来最小化工件重量和施加在支撑装置和工件之间的力之差的装置。

290. 权利要求 267 的设备,其中用来允许的装置包括用来绕支撑装置的支点施加力矩到支撑装置以使支撑装置易于保持与工件的接触的装置,其中用来移动的装置包括用来移动支撑装置的支点的装置。

291. 权利要求 267 的设备,还包括用来检测工件热致运动的装置。

292. 权利要求 267 的设备,其中支撑装置包括用来支撑的柔性装置。

293. 权利要求 292 的设备,还包括用来约束支撑装置的装置。

294. 权利要求 293 的设备,其中用来允许的装置包括用来施加力到用来支撑的柔性装

置以使支撑装置易于在工件热致运动期间保持与工件的接触的装置。

295. 权利要求 294 的设备, 其中用来施加力的装置包括用来施加力矩的装置。

296. 权利要求 292 的设备, 其中支撑装置可以相对于工件平面成 10-80 度角与工件下表面接合。

297. 权利要求 292 的设备, 其中支撑装置可以相对于工件平面成 15-35 度角与工件下表面接合。

298. 权利要求 293 的设备, 其中用来约束的装置包括用来夹持的装置。

299. 权利要求 293 的设备, 其中用来约束的装置包括用来将支撑装置固定到工件平板的装置。

300. 权利要求 286 的设备, 还包括用来收缩第二支撑装置以将第二支撑装置移出限定在工件上表面上方空间的装置。

301. 权利要求 292 的设备, 还包括用来收缩用来支撑的柔性装置的装置。

302. 权利要求 267 的设备, 还包括用来横向支撑工件的装置。

303. 权利要求 302 的设备, 其中用来横向支撑的装置可与工件外缘弹性接合。

304. 权利要求 303 的设备, 其中用来横向支撑的装置是柔性的。

305. 权利要求 267 的设备, 其中用来加热的装置包括用来辐射工件表面的装置。

306. 权利要求 305 的设备, 其中用来辐射的装置包括用来辐射所述表面持续短于工件热传导时间的时间段以加热所述表面至高于大部分工件温度的较高温度。

307. 权利要求 305 的设备, 其中用来辐射的装置包括:

用来辐射工件表面持续短于工件热传导时间的第一时间段, 以加热所述表面至高于大部分工件温度的中间温度的装置; 和

用来辐射所述表面持续短于工件热传导时间的第二时间段, 以加热所述表面至高于所述中间温度的所需温度的装置, 其中辐射表面持续第二时间段的装置包括在足以允许工件发生至少一些热弯曲的第一时间段之后的间隔内开始的装置。

308. 权利要求 305 的设备, 其中用来辐射的装置包括用来连续辐射工件表面持续间隔短于工件的热传导时间且持续间隔足够长以允许工件发生至少一些热弯曲的装置。

309. 权利要求 308 的设备, 其中用来辐射的装置包括用来在间隔期间改变辐射强度的装置。

310. 权利要求 309 的设备, 其中用来改变的装置包括用来在间隔的后期以比间隔的前期更大的强度辐射所述表面的装置。

311. 权利要求 1 和 3-137 的任意一项的设备, 其中所述工件包括半导体晶圆, 且其中所述支撑系统被设计用来在允许晶圆热致运动的同时支撑所述晶圆。

312. 权利要求 138 和 140-266 的任意一项的方法, 其中在允许的同时支撑包括在允许半导体晶圆热致运动的同时支撑所述半导体晶圆。

313. 权利要求 267 和 268-310 的任意一项的设备, 其中支撑装置和用来允许的装置分别包括用来支撑半导体晶圆的装置和用来在支撑所述晶圆的同时允许所述晶圆热致运动的装置。

用来支撑工件和用来热处理工件的方法和系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2002 年 12 月 20 日递交的美国专利申请序列号 60/434,670 和于 2003 年 5 月 8 日递交的美国专利申请序列号 60/468,659 的优先权,通过引用将二者并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及用来支撑工件的方法和设备,还涉及用来热处理工件的方法和设备。

背景技术

[0004] 大量的应用需要支撑工件。例如,在半导体芯片如微处理器的制造中,工件通常包括半导体晶片,其必须被支撑在用于退火或其它热处理工艺的热处理室中。所述晶片通常由多个支撑针脚(通常为石英)或可替代地,由保护环(通常由类似于晶片本身的材料形成)支撑在所述室中。由于支撑针脚或环的物理接触可以导致热处理过程中晶片内的温度梯度,因而损害晶片的晶格或晶片中的器件,在许多典型系统中所述针脚或保护环仅接触晶片的外缘,处于狭窄的“排除区”或废区的界限之内,该区域通常不用来制造半导体芯片。所述排除区从晶片外周边缘仅径向向内延伸很小距离(例如 3mm)。但是,至少某些传统系统中的支撑针脚在排除区以外的部位接触晶片。例如,一种传统系统使用在距离晶圆中心约三分之二的晶圆半径处接触晶圆的接触针脚。因而,虽然使用支撑晶圆的排除区有利于许多应用,但未被视作必需。

[0005] 半导体芯片的器件尺寸和性能要求日益苛求,结果出现新的热处理方法,并且改进现有的热处理方法以试图满足这些进化的需求。然而,支撑半导体晶圆的传统方法可能不再适合这些新兴的热处理方法的某些特殊应用。

[0006] 该新兴的热处理方法的实例公开在于 2003 年 7 月 15 日授予 Camm 等人的共同拥有的美国专利 No. 6,594,446 和于 2002 年 8 月 1 日作为公告序列号 US2002/0102098 公告的共同拥有的美国专利申请序列号 10/005,186,在此通过引用将该二者并入本文。一种该方法包括以慢于穿过晶圆的热传导时间的速率来预热晶圆至中间温度,从而相对均匀地将晶圆加热至中间温度。该预热阶段可通过用弧光灯辐射晶圆的背侧或衬底侧来完成,例如以每秒 100℃ - 每秒 400℃ 的加热速率加热晶圆。预热阶段之后,将晶圆的顶侧或器件侧以远快于穿过晶圆的热传导时间的速率来加热至基本上更高的退火温度,从而仅将晶圆的顶侧表面区域加热至最终退火温度,而大部分晶圆保持接近相对较低的中间温度。这可以通过将顶侧表面暴露于来自闪光灯的高功率闪光中,持续相对短的时间,例如约 1 毫秒。随后将较冷的大部分晶圆作为冷源以利于快速冷却顶侧表面。

[0007] 其它不必包括任何预热阶段的退火方法包括例如利用准分子激光器或微波脉冲将晶圆器件侧表面迅速加热至退火温度,而大部分晶圆保持在低的多的温度下。该方法的一种变化方式包括将激光线扫描穿过工件表面,当扫描时快速加热由该激光线所覆盖的工件面积。

[0008] 然而, 本发明人已发现该退火方法的某些特定的实施过程会导致以前未被发现和察觉的特殊问题和困难。尤其是本发明人已发现支撑工件的传统方法可能不适用于这些退火方法的某些应用, 如本文所详述。

[0009] 因此, 需要一种用来支撑工件的改进的方法和系统。也需要一种有助于解决本文所指出的困难的热处理工件的改进方法。

发明内容

[0010] 如上述引用的退火方法包括快速加热晶圆器件侧至基本高于大部分晶圆的温度, 其导致所述器件侧以高于其余晶圆的速度热膨胀。本发明人已发现, 取决于器件侧温度和大部分晶圆温度之间的温度差的大小, 这易于引起“热弯曲 (thermally bowing)”, 由此正常情况下的平面晶圆自身变形成为半圆形, 并且晶圆中心倾向于相对于其边缘区域快速隆起。该半圆形状代表晶圆的最小应力构型, 使来自器件侧和大部分晶圆之间的温度梯度的热应力最小化, 然而, 由于在晶圆器件侧加热极为快速 (例如, 在 1 毫秒的闪光期间, 远快于典型的晶圆热传导时间), 晶圆的变形可以发生得足够快, 以致晶圆的边缘将大的向下的力施加到在室中支撑晶圆的支撑针脚上。由于传统支撑针脚通常是刚性的, 因此所造成的针脚和晶圆边缘之间的反作用力可损伤晶圆。该力还可导致晶圆将自身从支撑针脚垂直向上抛起, 当晶圆落回并撞击针脚时, 可导致进一步损伤晶圆。而且, 由于传统支撑针脚未被设计用来经受这种力, 因此其易于断裂, 结果使晶圆掉落舱室中并被损伤或破坏。此外, 由于该热弯曲发生迅速, 传递至晶圆不同区域的初始速度易于导致晶圆超出平衡最小应力半圆形状并且发生振荡或振动, 导致额外的应力并且可能损伤晶圆。

[0011] 该工件的热致移动幅度倾向正比于温度阶越幅度而增加, 所述的温度阶越为晶圆作为整体被加热到的中间温度和仅器件侧被更快加热到的后续温度之间的温度差。因而, 使用采用刚性固定的支撑针脚或环的传统支撑系统将不必要的限制强加于温度阶越幅度, 以使其能够不损伤或破坏晶圆。

[0012] 根据本发明的第一方面, 本发明通过提供一种支撑工件的方法来满足上述需求。所述方法包括在允许工件的热致运动的同时支撑该工件。有利的是, 通过允许热致运动而不是试图去阻止它, 可以使工件自然变形成应力最小的形状, 从而降低工件中的应力。同时, 通过在继续允许该热致运动的同时支撑该工件, 将该工件保持在所需区域中。

[0013] 支撑可包括将支撑组件的活动接合部分接合到工件上, 该接合部分是活动的, 以在支撑工件的同时允许工件的热致运动。

[0014] 在本发明的一个重要应用中, 工件包括半导体晶圆。因而, 接合可以包括将支撑组件的活动接合部分接合到半导体晶圆上, 以在支撑晶圆的同时允许晶圆的热致运动。

[0015] 所述方法可以包括自动响应工件的热致运动而使接合部分移动。

[0016] 允许热致运动可以包括在热致运动期间支撑工件的同时允许接合部分移动, 以使工件中应力最小。

[0017] 允许热致运动可以包括在保持工件的质量中心处于所需范围的同时允许工件外部区域移动。保持可以包括使工件的质量中心移动最小化。

[0018] 允许工件的热致运动可以包括允许工件的热弯曲。作为选择, 例如, 这可以包括允许工件热挠曲 (thermally bending)。

[0019] 接合可以包括接合工件,作为接合部分,刚性活动支撑组件的一部分。

[0020] 支撑组件可以是柔性的并且具有约束部分和非约束部分,其中接合可以包括将非约束部分接合至工件。

[0021] 接合可以包括将支撑组件的活动接合部分有弹性地接合至工件。有利的是在该实施方案中,当发生工件的热弯曲时,该工件的外缘可下压在弹性接合的活动接合部分上,导致该接合部分随工件边缘向下移动,并且当工件回复其原始形状时随该工件外缘弹性升回。该弹性支撑允许工件热弯曲,从而减少其内部应力,同时在弯曲运动开始时减少或消除晶圆将其自身从接合部分抛出的趋势。

[0022] 接合可以包括将多个相应支撑组件的活动接合部分接合至工件。例如,接合可以包括将至少三个相应的支撑组件的至少三个活动接合部分接合至工件。相似地,接合可以包括将至少四个相应的支撑组件的至少四个活动接合部分接合至工件。

[0023] 所述方法还可以包括抑制工件振动。抑制可以包括抑制至少一种工件固有振动模式。例如,这可以抑制包括工件的第二固有振动模式,或可包括抑制工件的第一固有振动模式。

[0024] 抑制可以包括从工件吸收动能。

[0025] 接合可以包括将多个相应的支撑针脚的多个尖端接合至工件。这可以包括将支撑针脚的尖端接合至工件的外周区域。在此,该方法还可以包括自动响应工件外周区域的热致运动而使支撑针脚的尖端移动。

[0026] 接合可以包括将每个活动接合部分有弹性地接合至工件。这可以包括在工件热致运动期间施加力到每个支撑组件以使得各接合部分易于保持同工件的接触。

[0027] 施加力可以包括施加力矩到各支撑组件。施加力矩可以包括在设置到支撑组件的支点和接合部分之间的各支撑组件的位置处施加向上的力。作为选择,施加力矩可以包括在各支撑组件上的位置处施加向下的力以将支撑组件的支点设置到所述位置和接合部分之间。

[0028] 施加力可以包括施加第一和第二力以施加第一和第二相反力矩至各支撑组件,第二力矩的作用是对抗支撑组件超出其平衡位置。

[0029] 施加力可以包括施加弹性力。这可以包括用与各支撑组件连接的弹簧施加力。例如,这可以包括用与各支撑组件连接的恒力弹簧施加恒力。

[0030] 接合可以包括将包括对能够辐射加热工件的至少某些辐射波长透明的材料的多个各支撑针脚的多个尖端接合至该工件。因而,例如,接合可包括将包括光学透明材料的多个相应的支撑针脚的多个尖端接合至该工件。

[0031] 接合可以包括将包括石英的多个各支撑针脚的多个尖端接合至工件。作为选择,所述支撑针脚可包括蓝宝石,或包括金属。例如,所述支撑针脚可包括钨。

[0032] 接合可以包括将多个相应的支撑针脚的多个包覆的尖端接合至工件。例如,这可以包括将多个相应的钨支撑针脚的多个氮化钨包覆的尖端接合至工件。作为选择,例如所述尖端可以是碳化钨包覆的。

[0033] 接合可以包括将多个相应的支撑针脚的多个光滑表面的尖端接合至工件。有利的是,该光滑表面的尖端易于减少支撑针脚和工件之间的摩擦。反过来,这减少了工件擦伤的可能性,从而避免颗粒污染,或不希望的工件表面粗糙。减少摩擦还可以有助于减少工件中

的应力。例如,该光滑表面尖端可包括熔融的、抛光的或包覆的尖端。

[0034] 所述方法还可以包括响应工件的热致运动而移动所述活动接合部分。移动活动接合部分可以包括移动支撑组件。对于每个支撑组件,这可以包括施加电流到连接至支撑组件的传动装置 (actuator)。施加电流可以包括施加电流到连接至支撑组件的音圈传动装置。作为选择,这可以包括施加电流到连接至支撑组件的压电传动装置或线性伺服传动装置。

[0035] 所述方法还可以包括将传动装置的活动组件的线性运动转变为支撑组件的曲线运动。

[0036] 移动可以包括调节多个支撑组件的位置,以使工件重量和由多个支撑组件的多个接合部分施加到工件上的向上的力之差最小化。有利的是,在该实施方案中,由支撑组件施加到工件上的向上的力大致足够平衡工件上作用向下的重力,并不明显过大。这还减少了工件抛出自身的趋势。

[0037] 移动可以包括调节支撑组件的位置,以使工件重量和由支撑组件的接合部分施加到工件上的向上的力之差保持在所需范围内。

[0038] 响应热致运动而移动接合部分可以包括响应热致运动的预期值而移动支撑组件。

[0039] 可替代地,响应热致运动而移动接合部分可以包括响应热致运动的检测参数而移动支撑组件。

[0040] 因而,所述方法还可以包括检测工件的热致运动。检测可以包括在各连接至相应的多个支撑组件之一的多个传动装置中,检测由通过工件运动而施加到支撑组件的接合部分的力所引起的电流。

[0041] 移动接合部分可以包括将电流施加到各传动装置。

[0042] 检测电流可以包括检测各连接至相应的支撑组件之一的多个音圈传动装置中的电流,并且移动接合部分可以包括施加电流到所述音圈传动装置。

[0043] 检测电流可以包括对于每个传动装置,检测电流与所需电流水平的偏差,并且移动接合部分可以包括对于每个支撑组件,调节支撑组件位置以使所述偏差最小化。检测偏差可以包括检测与传动装置通讯的处理器电路处的偏差。

[0044] 接合可以包括将第一组组相应的支撑组件的第一组组活动接合部分与工件下表面接合,和将第二组组相应的支撑组件的第二组组活动接合部分与工件上表面接合。这可以包括在工件的外周区域将第一和第二组组接合部分与工件的下表面和上表面接合。

[0045] 移动可以包括移动接合部分,以使施加于工件和接合部分之间的力最小。例如,移动可以包括移动接合到工件下表面的第一组组相应的支撑组件的第一组组活动接合部分,以将工件质量和施加在第一组组接合部分和工件间的力之间的差最小。类似地,移动可以包括移动接合到工件上表面的第二组组相应的支撑组件的第二组组活动接合部分,以使施加在工件和第二组组接合部分间的力之间的差最小。

[0046] 如果需要,可以采用组合的被动 / 主动支撑方法。例如,接合可以包括将支撑组件的接合部分与工件弹性接合,并且移动可以包括响应热致运动而移动支撑组件。弹性接合可以包括绕支撑组件的相应支点施加力矩至支撑组件,以使支撑组件易于保持与工件接触,并且移动可以包括移动支撑组件的支点。施加力矩可以包括施加弹力至支撑组件的非支点位置,并且移动可以包括施加电流至连接到多个支撑组件的多个传动装置,以移动支

撑组件。所述多个支撑组件可以包括多个柔性支撑组件,其各具有约束部分和非约束部分。在此,弹性接合可以包括将柔性支撑组件的非约束部分接合至工件,并且移动可以包括移动支撑组件的约束部分。移动可以包括施加电流至连接到多个约束部分的多个传动装置。

[0047] 更一般地,所述多个支撑组件可以包括均具有非约束部分和约束部分的多个柔性支撑组件,并且接合多个活动接合部分可以包括将柔性支撑组件的非约束部分接合至工件。

[0048] 所述多个柔性支撑组件可以包括多个纤维,并且接合可以包括将该纤维的非约束部分接合至工件。例如,柔性支撑组件可以包括光纤,如石英纤维或蓝宝石纤维。

[0049] 所述方法还可以包括约束柔性支撑组件的各约束部分。

[0050] 约束可以包括约束配置在工件外周周围的多个约束器中的约束部分。

[0051] 多个约束器可以包括数量少于柔性支撑组件的约束器,并且约束可以包括在每个约束器中约束多于一个的支撑组件。这可以包括在每个约束器中,约束一般相互平行的多于一个的柔性支撑组件。作为选择,这可以包括约束一般彼此发散的多于一个的柔性支撑组件。

[0052] 作为选择,多个约束器可以包括与柔性支撑组件数量相同的约束器,其中约束可以包括约束各自对应的约束器之一中的各约束部分。

[0053] 接合可以包括对每个约束器施加力,以使每个非约束部分易于在工件热致移动期间保持与工件的接触。施加力可以包括施加力矩。这可以包括施加弹力。

[0054] 接合可以包括以相对于工件平面成 10-80 度角将每个接合部分与工件下表面接合。更具体地,这可以包括相对于工件平面成 15-35 度角。再具体地,这可以包括相对于工件平面成 25 度角。

[0055] 每个柔性支撑组件可以包括位于其端部的约束部分,并且约束可以包括约束约束部分以使非约束部分向内朝工件的中心区域延伸。

[0056] 每个非约束部分内末端 (innertip) 可以经过工件外缘向内延伸,并且接合可以包括将沿非约束部分位于约束部分和内末端之间的中间点接合到工件外缘。

[0057] 约束可以包括约束围绕工件的工件平板中的约束部分。约束可以包括夹持。

[0058] 约束每个约束部分可以包括通过限定在所述板的工件支撑孔将约束部分固定到具有向内朝工件延伸的非约束部分的工件平板上。

[0059] 约束可以包括将约束部分约束在一般水平方向上,以使非约束部分通常水平向内朝工件中央区域延伸同时弯曲下垂。

[0060] 接合可以包括将非约束部分与工件外缘接合。这可以包括将非约束部分以相对于工件平面成向下小于约 10 度的角度与工件外缘接合。

[0061] 多个柔性支撑组件可以包括多个伸长的柔性支撑组件。所述多个伸长的柔性支撑组件可以包括至少 20 个伸长的柔性支撑组件,并且约束可以包括将至少 20 个伸长的柔性支撑组件的每一个约束在工件平板中。相似地,所述多个伸长的柔性支撑组件可以包括至少 50 个伸长的柔性支撑组件,并且约束可以包括将至少 50 个伸长的柔性支撑组件的每一个约束在工件平板中。

[0062] 每个柔性支撑组件可以包括位于限定非约束部分于其间的支撑组件的两相对末端处的第一和第二约束部分,并且约束可以包括约束相分隔的第一和第二约束部分以使非

约束部分在其间沿弯曲路径延伸。

[0063] 约束可以包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿从第一约束部分向上且向内朝工件延伸到与之相接触的区域,并从接触区域向下且向外延伸到第二约束部分。

[0064] 约束可以包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而使得接触区域处非约束部分的切线与接触区域处工件外周的切线基本平行。

[0065] 作为选择,约束可以包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而使得接触区域处非约束部分的切线径向向内朝工件中央延伸。

[0066] 作为另一选择,约束可以包括约束第一和第二约束部分,以使非约束部分沿弯曲路径延伸,从而形成从工件平面下方的第一约束部分延伸并且在工件下平面接触工件的第一通常环形路径段,在工件外缘和工件平板内缘之间延伸的第二通常环形路径段,以及在工件平面上方延伸并且在工件上表面接触工件的第三通常环形路径段,该弯曲路径终止于第二约束部分。

[0067] 所述方法可以包括回缩第二约束部分,以将第三通常环形路径段移出限定于工件上表面上方的空间。

[0068] 约束可以包括固定第一和第二约束部分以阻止约束部分移动。

[0069] 约束可以包括可伸缩地约束第一和第二约束部分中至少的一个。所述方法可以包括回缩第一和第二约束部分中至少的一个以有效缩短非约束部分。相反,所述方法还可以包括延伸第一和第二约束部分中至少的一个以有效伸长非约束部分。

[0070] 多个柔性支撑组件可以包括第一组和第二组柔性支撑组件,并且接合多个活动接合部分可以包括将第一组柔性支撑组件的非约束部分与工件下表面接合,将第二组柔性支撑组件的非约束部分与工件上表面接合。

[0071] 所述方法还可以包括横向 (laterally) 支撑工件。横向支撑可以包括将多个横向支撑组件定位在相对于工件外缘的各个位置处。定位可以包括将多个横向支撑组件弹性接合到工件外缘。

[0072] 定位可以包括将多个柔性光纤定位在相应位置。这可以包括以基本垂直于工件平面的角度定位柔性光纤。

[0073] 接合和横向支撑可以包括将支撑组件的垂直支撑接合部分与工件下表面接合,并且将支撑组件的横向支撑接合部分与工件外缘接合。

[0074] 接合和横向支撑可以包括将多个相应支撑组件的多个垂直和横向支撑接合部分与工件接合。接合和横向支撑可以包括将垂直和横向支撑接合部分与工件弹性接合。接合和横向支撑可以包括接合作为垂直和横向支撑接合部分的柔性接合部分。接合和横向支撑可以包括将作为垂直和横向支撑接合部分的第一和第二光纤与工件接合。

[0075] 定位可以包括定位多个光纤。相似地,定位可以包括例如定位多个石英纤维或蓝宝石纤维。

[0076] 根据本发明的另一方面,提供有一种热处理工件的方法。该方法包括相对于大部分工件加热工件表面以导致工件热致移动。加热可以包括辐射工件表面。辐射可以包括持续辐射表面的时间段短于工件的热传导时间,以将表面加热到高于大部分工件的温度。辐射可以包括例如持续辐射时间段小于约 1 毫秒。

[0077] 辐射可以包括持续辐射工件表面的第一时间段小于工件的热传导时间,以加热表

面至高于大部分工件温度的中间温度。随后辐射可以包括持续辐射表面的第二时间段小于工件的热传导时间,以加热表面至高于中间温度的所需温度,其中第二时间段在第一时间段之后的一定间隔后开始,以足够使工件发生至少一些热弯曲。有利的是,该方法易于减少由第一时间段中的辐射引起的工件初始热弯曲的幅度,并且随后第二时间段中的辐射有助于抑制工件的振动。

[0078] 辐射可以包括在第二时间段中将比第一时间段中更多的辐射能施加到工件表面。

[0079] 辐射可以包括在第一时间段结束后几毫秒内启动第二时间段。

[0080] 辐射可以包括连续辐射工件表面的时间间隔短于工件的热传导时间并且足够长,以使工件发生至少一些热弯曲。连续辐射可以包括在间隔期间改变辐射强度。改变可以包括在间隔后期比间隔前期更大的辐射强度辐射表面。有利的是,该方法易于减少工件热弯曲的幅度,并随后抑制工件的振动。

[0081] 辐射可以包括用闪光灯辐射表面。

[0082] 有利的是,通过利用本发明的发现,即取决于表面加热阶段的速度,工件的热弯曲可明显滞后于温度上升本身,因而该热处理方法可以用来减少热应力并抑制工件中的振动。例如,在一个特定情况下,当通过为时约 1 毫秒的热闪光来完成第一时间段的辐射时,被辐射表面的峰值温度几乎同时出现在闪光结束时 ($t = 1\text{ms}$)。然而,此时,晶圆仅刚开始热弯曲,因此仅达到其最大热弯曲幅度的较小的百分比。直到大约 4 毫秒后才达到最大热弯曲幅度,此时晶圆已经超过了其平衡形状。短时间之后,在约 $t = 6\text{ms}$ 时,晶圆依然明显弯曲,但朝着其平坦位置以明显的回复速度回复。根据本发明前述方面的一个实施方案,晶圆器件侧经历第二辐射闪光,从而当晶圆已经由第一闪光热弯曲并正在朝其平坦位置回复时发生由第二辐射闪光引起的热弯曲。由第二闪光所引起的热弯曲产生的晶圆内应力减小,这是由于第一闪光已导致热弯曲。当由第二闪光引起的热弯曲试图朝其平坦位置回复时其作用在与晶圆当前回复速度相反的方向上。因此,由第二闪光引起的热弯曲易于抑制来自第一闪光的残余振动。两个快速连续的闪光加热阶段的组合可以得到更高的峰值温度,同时减少晶圆中的残余振动。连续辐射的交替使用也可提供相似的优点。

[0083] 如果需要的话,该热处理方法可结合本文所述的支撑方法和系统应用,或可单独应用。

[0084] 根据本发明的另一方面,提供有用来支撑工件的设备。该设备包括设计用来支撑工件同时允许工件热致运动的支撑系统。示例性支撑系统的大量元件详细描述于以下本发明的示例性实施方案中。

[0085] 根据本发明的另一方面,提供有用来支撑工件的设备。该设备包括用来支撑工件的装置,和用来在支撑工件的同时允许工件发生热致运动的装置。

[0086] 根据本发明的另一方面,提供有用来引导处理器电路的计算机可读介质存储的指令编码来控制工件支撑系统,以允许在系统支撑工件的同时允许工件发生热致运动。该指令编码可以包括引导处理器电路的编码,以使接合于工件的支撑系统的支撑组件的活动接合部分移动。

[0087] 根据本发明的另一方面,提供有包含在至少一种通讯介质或载波中的信号,该信号包括用来引导处理器电路的编码段来控制工件支撑系统,以在系统支撑工件的同时允许工件热致运动。该编码段可以包括用来引导处理器电路的编码段,以使接合于工件的支撑

系统的支撑组件的活动接合部分响应工件的热致运动而移动。

[0088] 根据本发明的另一方面,提供有执行本文所述方法的计算机程序,其包括由处理器电路执行时控制工件支撑系统的编码装置。类似地,根据本发明的另一方面,提供有在载体上装载编码的计算机程序,该编码由处理器电路执行时控制工件支撑系统以实现本文所述方法。

[0089] 在结合附图来看本发明特定实施方案的以下描述的基础上,对于本领域的技术人员而言,本发明的其它方面和特征将变得明显。

附图说明

[0090] 下图示出本发明的实施方案:

[0091] 图 1 为根据本发明的第一实施方案的工件和用来支撑工件的设备的上透视图;

[0092] 图 2 为示于图 1 中的支撑装置的支撑组件和弹簧鼓的下透视图;

[0093] 图 3 为示于图 1 和图 2 中的支撑装置的截面图;

[0094] 图 4 为由示于图 1-3 的多个支撑装置支撑在热处理室中的示于图 1-3 中的工件的截面图;

[0095] 图 5 为根据本发明第二实施方案的工件和用来支撑该工件的设备的部分侧视图;

[0096] 图 6 为根据本发明第三实施方案用来支撑工件的设备下透视图,该设备包括可与工件接合的支撑组件和与支撑组件协作的传动装置;

[0097] 图 7 为用来与图 6 所示的支撑组件协作的音圈传动装置的简化截面图;

[0098] 图 8 为根据本发明第四实施方案用来支撑工件的设备简化侧视图,该设备包括传动装置的活动组件,其与动作平移装置协作,以使图 6 所示支撑组件曲线运动;

[0099] 图 9 为图 8 所示的活动组件、动作平移装置和支撑组件的简化侧视图,示于第二位置;

[0100] 图 10-12 为根据本发明第五实施方案用来支撑工件的设备简化部分侧视图;

[0101] 图 13-14 为根据本发明第六实施方案用来支撑工件的设备简化部分侧视图;

[0102] 图 15 为根据本发明第七实施方案用来支撑工件的设备支撑装置的简化部分侧视图;

[0103] 图 16 为根据本发明第八实施方案用来支撑工件的设备部分底视图;

[0104] 图 17 为根据本发明第九实施方案用来支撑工件的设备部分底视图;

[0105] 图 18 为根据本发明第十实施方案用来支撑工件的设备部分底视图;

[0106] 图 19 为图 16 所示支撑装置的侧视图;

[0107] 图 20 为根据本发明第十一实施方案用来支撑工件的设备部分侧视图;

[0108] 图 21 为根据本发明第十二实施方案的工件和用来支撑工件的设备透视图;

[0109] 图 22 为图 21 所示支撑装置的截面图;

[0110] 图 23 为根据本发明第十三实施方案的工件和用来支撑工件的设备支撑系统的透视图;

[0111] 图 24 为图 23 所示支撑系统的支撑装置的部分底视图;

[0112] 图 25 为根据本发明第十四实施方案的工件和用来支撑工件的支撑系统的顶视图;

- [0113] 图 26 为图 25 所示工件和支撑系统的顶透视图；
- [0114] 图 27 为图 25 所示工件和支撑系统的截面图；
- [0115] 图 28 为图 27 所示工件和支撑系统的截面图的细部；
- [0116] 图 29 为图 25 所示工件和支撑系统的底视图；
- [0117] 图 30 为图 25-29 所示支撑系统的支撑组件夹具的后视图；
- [0118] 图 31 为根据本发明第十五实施方案的用来支撑工件的设备的支撑系统的部分截面图；
- [0119] 图 32 为根据本发明第十六实施方案的用来支撑工件的设备的支撑系统的部分截面图；
- [0120] 图 33 为图 32 所示支撑系统的横向支撑装置的前视图，其方向为从工件平面板孔中央径向向外；
- [0121] 图 34 为根据本发明第十七实施方案的用来支撑工件的设备的支撑装置的部分截面图；
- [0122] 图 35 为根据本发明第十八实施方案的用来支撑工件的设备的支撑系统的部分截面图；
- [0123] 图 36 为由图 1-3 所示多个支撑装置支撑在热处理室的图 1-3 所示工件的截面图，该室根据本发明第十九实施方案加以修改；
- [0124] 图 37 为根据本发明第二十实施方案的用来支撑工件的设备的支撑组件的侧视图；
- [0125] 图 38 为根据本发明第二十一实施方案的用来支撑工件的设备的支撑装置的部分侧视图。

具体实施方式

[0126] 参照图 1-4，根据本发明第一实施方案用来支撑工件的设备示于图 1 中。在本实施方案中，所述设备包括构建来支撑工件 24 同时允许工件热致运动的支撑系统 20。

[0127] 在本实施方案中，支撑系统 20 包括一般以 21 表示的支撑装置。更具体地，在本实施方案中，支撑装置 21 包括可与工件 24 接合的支撑组件 22。再具体地，在本实施方案中，支撑组件 22 具有示于图 3 的活动接合部分 52，其可与工件 24 接合并且可活动，以在支撑工件的同时允许工件热致运动。

[0128] 在本实施方案中，支撑组件 22 的活动部分 52 包括支撑组件的尖端。在本实施方案中，支撑组件 22 是刚性的，并且活动接合部分 52 由于支撑组件 22 可绕枢轴运动而是活动的，如以下所详细描述的。然而，作为选择，活动接合部分 52 可以以其他方式活动，例如结合本文所述的进一步实施方案所描述的方式。

[0129] 在本实施方案中，工件 24 包括半导体晶圆，且活动接合部分 52 可与半导体晶圆接合，以在支撑晶圆的同时允许晶圆热致运动。更具体地，在本实施方案中，该半导体晶圆具有顶侧或器件侧 26，和背侧或衬底侧 28。

[0130] 在本实施方案中，支撑系统 20 包括多个相应支撑组件 22 的多个活动接合部分 52。更具体地，在本实施方案中，通过支撑装置 21 和通过多个相似的支撑装置（图 1 未示出），例如示于图 4 的 32 和 34，将工件 24 即半导体晶圆支撑在工件平面板 30 中。优选的是，多

个活动接合部分包括至少三个单独支撑组件的至少三个活动接合部分,以提供对工件的稳定支撑。甚至更优选的是,所述多个活动接合部分包括至少四个相应支撑组件的至少四个活动接合部分,从而即使支撑组件之一断裂或因其它原因不能妥善行使功能时也可保持对工件的稳定支撑。

[0131] 然而,同时虽然更多数量的支撑组件增加稳定性,但是需要使活动接合部分的总质量最小。在此,在本实施方案中,其中工件包括将经历使用高强度辐射闪光进行热处理的半导体晶圆,支撑系统被设计用来允许晶圆自由运动从而减少闪光期间的晶圆应力,同时在闪光之后二次衰减振动。为达到此目的,需要使支撑组件对晶圆的作用力最小。在本实施方案中,这是通过使用具有最小质量的活动接合部分来实现的,而在其它实施方案中,可通过其它方式来使作用力最小,例如通过主动移动支撑物。

[0132] 在本实施方案中,各支撑组件 22 包括支撑针脚。因而,在本实施方案中,多个支撑组件 22 的多个活动接合部分 52 包括多个相应支撑针脚的多个尖端。

[0133] 在本实施方案中,所述多个支撑针脚包括可对工件 24 进行辐射加热的至少某些辐射波长透明的材料。因而,在本实施方案中,所述多个支撑针脚包括光学透明材料。更具体地,在本实施方案中,所述支撑针脚包括石英支撑针脚。在此,石英是特别适合用于本实施方案的支撑针脚的材料(其中工件为待进行辐射热处理的半导体晶圆),这是由于其低热导率、其透明性、其非污染特性、其良好的热稳定性和其刚性。可替代地,其它材料也可适用于类似应用,因而支撑针脚可替代地包括例如蓝宝石、氮化硅或碳化硅。可替代地,根据即将应用的需要可以替代其它材料。

[0134] 在本实施方案中,支撑组件 22 的各活动接合部分 52 可与工件 24 弹性接合,为此,在本实施方案中,支撑系统 20 还包括与多个支撑组件 22 相通的多个施力器以施加力于其上,从而使各接合部分 52 在工件热致运动期间易于与工件 24 保持接触。更具体地,如以下所详细讨论的,各施力器包括连接至相应的支撑组件 22 之一的弹簧 48。

[0135] 为此,在本实施方案中,将工件平板 30 连接至支撑装置 21 的支撑组件外壳 36,支撑组件 22 由枢轴与其连接。工件平板 30 还连接至弹簧组件 38,其包括连接支撑组件 22 的弹簧 48。

[0136] 参照图 3,更为详细地示出支撑装置 21。在本实施方案中,支撑装置 22 由枢轴连接至支撑组件外壳 36。为此,在本实施方案中包括不锈钢暗销的枢轴销 40 被连接至支撑组件外壳 36 的对侧内壁,并且通过形成在支撑组件 22 一端的孔洞而延伸。

[0137] 在本实施方案中,弹簧组件 38 包括弹簧鼓 42,其在本实施方案中包括聚四氟乙烯。可替代地,可以替换为其它材料,例如不锈钢。弹簧鼓 42 安装在弹簧鼓套 44 中,并且通过弹簧固定器支架 46 被安装至工件平板 30。弹簧鼓 42 被用来安装弹簧 48,其在本实施方案中包括恒力弹簧。

[0138] 在本实施方案中,施力器或更具体的连接于支撑组件 22 的弹簧 48 用作力矩施加器。为此,在本实施方案中,将弹簧 48 与连接器 50 连接,该连接器在本实施方案中由不锈钢构成。连接器 50 在设置在支撑组件 22 的支点(位于枢轴销 40 处)和支撑组件 22 接触工件 24 处的接合部分 52 之间的支撑组件上由枢轴连接至支撑组件 22。因而,力矩施加器或更具体的弹簧 48 在连接器 50 连接支撑组件 22 的位置处施加向上的力。选择通过弹簧 48 施加的恒力和通过类似于支撑装置 21 的其它支撑装置的恒力弹簧所施加的力,以使由

支撑组件施加到工件的向上的总恒力平衡作用在工件上的向下的重力。

[0139] 在本实施方案中,在本实施方案中包括支撑针脚尖端的支撑组件 22 的活动接合部分 52 接触工件 24 的下侧或衬底侧 28 以支撑工件。更具体地,在本实施方案中,支撑针脚尖端可与工件外周区域接合,或更具体地,与不用于制造半导体芯片的外侧“排除区”或废区接合。在本实施方案中,工件 24 为 150mm 半径的硅半导体晶圆,并且外侧排除区从工件外缘向内径向延伸 3mm(即 $r = 147\text{mm}$ 至 $r = 150\text{mm}$)。因而,一定程度上,支撑组件 22 的活动接合部分 52 和工件衬底侧 28 之间的物理接触可导致潜在的有害效应,如热处理过程中的高局部温度梯度,但该局部梯度未必损害形成在器件侧 26 上的器件。

[0140] 参照图 4,在本实施方案中支撑装置 21 和其它类似支撑装置(如作为示例性的支撑装置 32 和 34)被用来在热处理室 60 内支撑工件 24。更具体地,在本实施方案中室 60 类似于公开在前述美国专利申请公开号 US2002/0102098 中的热处理室,用于工件 24 的器件侧 26 的热退火。在本实施方案中,包括支撑装置 21 和类似支撑装置 32 与 34 的工件平板 30 被安装在室 60 的中间区域。

[0141] 在本实施方案中,热处理室 60 包括设计用来加热相对于大部分工件的工件 24 表面以引起工件热致运动的加热系统。更具体地,在本实施方案中所述加热系统包括设计用来辐射工件表面的辐射系统。在本实施方案中所述辐射系统包括预热装置 62 和加热装置 64。

[0142] 预热装置 62 可包括例如弧光灯或弧光灯组,该装置通过水冷石英窗 63 辐射工件,以慢于穿过工件的热传导时间的速率预热工件至中间温度,从而相对均匀地将整个工件加热至中间温度。例如,该预热装置可以 $250^\circ\text{C}/\text{秒}$ – $400^\circ\text{C}/\text{秒}$ 的速率预热工件至 600°C – 1250°C 的中间温度,尽管这些仅为说明性的例子。

[0143] 预热阶段之后,所述辐射系统或更具体的加热装置 64 被设计用来持续辐射表面(在此为器件侧 26)时间段少于工件 24 的热传导时间,以将表面加热至高于大部分工件的温度。换言之,将加热装置 64 用来以远快于经过晶圆的热传导的速率快速加热工件的器件侧 26 至更高的退火温度,从而仅将工件的顶侧表面区域加热至最终退火温度,而大部分工件保持接近相对较冷的中间温度。该最终退火温度可以包括更高的温度范围,例如从 1050°C 至接近硅的熔点温度,如 1410°C 。

[0144] 为此,在本实施方案中所述辐射系统或更具体的其加热装置 64 包括可操作闪光灯,从而通过第二水冷石英窗 65 以具有较短持续时间的高功率闪光来辐射器件侧 26,优选例如一毫秒或更低的时间级,从而以超过 $10^5^\circ\text{C}/\text{秒}$ 的加热速率来加热器件侧 26。更具体地,在本实施方案中所述闪光灯包括液冷弧光灯。再具体地,所述闪光灯包括类似于公开在授权给 Parfeniuk 等的共有美国专利 No. 6,621,199 中的双水冷壁(water-wall)弧光灯,其设计用作闪光灯,如前述美国专利申请 No. US2002/0102098。因为由闪光灯产生而入射在器件侧 26 上的 1 毫秒闪光远比工件的热传导时间(通常为 10–15ms)要快,将器件侧 26 加热至最终退火温度,而大部分工件基本保持中间温度。随后将该更冷的大部分晶圆作为冷源以利于快速冷却器件侧表面。或者,可以替换为其它类型的加热装置,例如闪光灯组。

[0145] 取决于闪光持续时间的短促和大部分工件的中间温度与仅器件侧 26 加热到的最终退火温度中间的差,工件 24 可经历快速热弯曲,如前文所述。有利的是,在本实施方案中,支撑系统 20 被设计用来支撑工件 24 同时允许工件热弯曲,或更具体的是设计用来自动

响应工件外周区域的热致运动而使支撑针脚尖端移动。因此,对比传统系统,其中晶圆边缘的初始向下的热弯曲运动易于折断支撑针脚或将晶圆从支撑针脚垂直向上抛起,在本实施方案中,如果工件 24 响应由加热装置 64 产生的加热闪光而热弯曲,那么支撑组件 22 的活动接合部分 52 就通过连接至支撑组件 22 的弹簧 48 自动响应该热致运动而移动。因而,如果发生快速热弯曲,则工件外缘和支撑组件(如支撑装置 21 的支撑组件 22 和类似支撑装置的类似支撑组件)被允许向下移动,从而防止由于支撑组件和工件之间的作用力减小而导致的支撑组件断裂,并且还防止工件将自己向上抛起。就后者而言,活动接合部分 52 的弹性向下活动能力允许工件外侧区域向下移动的同时保持工件的重心在所需范围内,或更具体地,同时使工件的重心移动最小。(可选择的是对于特定应用重心移动的有关范围可以接受或期望。)此外,由于工件初始变形成为半圆形使工件中的应力最小,因此允许该热致运动和变形的接合部分的活动能力用来使工件中的应力最小,而同时在热致运动器件支撑工件。如上文所指出,热弯曲倾向于发生的足够快以致工件越过其平衡形状,且随后倾向于相对平衡形状振动或振荡。因而,当工件外缘开始向上移回且工件中心开始向下移回时,由恒力弹簧 48 所施加到支撑组件 22 的向上的力将支撑组件向上推回,倾向于保持与工件外缘的接触。当工件继续振动时,允许工件外缘上下移动,同时由于保持与支撑组件 22 的接触(和类似支撑组件),直至振动衰减。因而,弹簧驱动的支撑组件 22 的上下的移位允许工件外缘上下移动,同时使工件重心的移动和工件中的应力最小。

[0146] 参照图 5,根据本发明第二实施方案的支撑装置一般地示于 80。在本实施方案中,支撑装置 80 包括支撑组件 82,其类似于前文所讨论的支撑组件 22。在本实施方案中,将支撑组件 82 安装到支点 84 处的支撑组件外壳(未示出)上,用于绕其的枢轴运动。如前述实施方案,支撑装置 80 包括施力器或更具体的力矩施加器,其包括弹簧 86,与支撑组件 82 相连以施加力到支撑组件,从而使接合部分在其热致运动期间保持与工件的接触。在本实施方案中,然而,力矩施加器被设计用来在支撑组件 82 上的位置处施加向下的力,以使支撑组件 82 的支点 84 设置到所述位置和接合部分 88 之间。更具体地,在本实施方案中将支点 84 设置到支撑组件 82 连接到弹簧 86 的点和支撑组件的接合部分 88 与工件 24 间相接触的点之间。因此,与图 3 所示构造不同,在本实施方案中弹簧 86(在本实施方案中其包括恒力弹簧)在支撑组件 82 的一端施加向下的力,从而提供力矩来抗衡由支撑组件 82 的接合部分 88 上的工件 24 重量所施加的力矩。

[0147] 参照图 6,根据本发明第三实施方案的用来支撑工件的系统一般地示于 100。系统 100 包括设计用来支撑工件 24,同时允许工件热弯曲或其它热致运动的支撑装置 102。

[0148] 在本实施方案中,支撑装置 102 包括具有可与工件 24 接合的活动接合部分的支撑组件 104。在本实施方案中,所述活动接合部分包括支撑组件 104 的尖端。支撑组件 104 为刚性,且由于支撑组件 104 作为整体可活动,因此活动接合部分为可活动的,如下所述。

[0149] 在本实施方案中支撑组件 104 可在工件衬底侧 28 的外周与排除区接合。由于类似于有关本发明第一实施方案的理由,支撑组件 104 包括石英针脚。可选择的是可以替换为其它材料。

[0150] 在本实施方案中,系统 100 还包括类似于支撑组件 104 的多个支撑组件,例如支撑组件 108。优选的是,系统 100 包括至少三个所述支撑组件来稳定支撑工件。理想的是提供四个或更多组件,从而即使支撑组件之一断裂或因其它原因而不能适当执行功能时,也可

保持工件的稳定支撑。

[0151] 在本实施方案中,系统 100 包括设计用来响应工件 24 热致运动,从而移动多个支撑组件 104 的活动接合部分的支撑组件活动系统。更具体地,在本实施方案中,其中支撑组件 104 为刚性的,所述系统被设计用来通过移动支撑组件 104 自身而移动接合部分。再具体地,在本实施方案中支撑组件活动系统包括对于各支撑组件 104 的连接到支撑组件 104 的相应的传动装置 106,其用来控制支撑组件 104 的移动。

[0152] 因而,在本实施方案中系统 100 包括类似于传动装置 106 的多个传动装置(未示出),来驱动相应的支撑组件。各传动装置 106 通过安装支架如图 6 所示的 110 而被安装到工件平板 30 的上表面。支撑组件 104 通过由工件平板 30 所限定的孔 112 延伸至传动装置 106 中。

[0153] 参照图 6 和 7,在图 7 中极为详尽地示出示例性的传动装置 106。在本实施方案中,传动装置 106 包括音圈传动装置,其连接至支撑组件 104。更具体地,在本实施方案中传动装置 106 包括安装在支架 110 上的固定组件 120,和相对与所述固定组件移动的活动组件 122。固定组件 120 通过活动组件 122 产生磁场。为此,在本实施方案中固定组件 120 包括永磁体 124 和铁磁组件 126。在本实施方案中,活动组件 122 包括电线圈 128。传动装置 106 还包括可操作来施加电压在电线圈 128 相对两端之间的供电单元 130,从而在线圈中产生电流。将能理解活动组件 122 的线圈中产生电流的结果是固定组件 120 产生的磁场对活动组件 122 施加力,其方向取决于电流方向。所施加的力的大小直接正比于线圈 128 中电流的大小。

[0154] 在本实施方案中,传动装置 106 的活动组件 122 连接到支撑组件 104。因而,可以通过控制传动装置 106 线圈 128 中的电流的大小来控制由工件 24 衬底测 28 的外缘上支撑组件 104 所施加的向上支撑力的大小。

[0155] 在本实施方案中,支撑组件活动系统包括至少一个设计用来向各传动装置施加电流以移动每个支撑组件、从而移动其活动接合部分的控制器。更具体地,在本实施方案中所述至少一个控制器包括各自与相应的传动装置 106 之一相通的多个控制器。再具体地,在本实施方案中各控制器包括组合的检测器/控制器 132,其也用作检测工件热致移动的检测器。在本实施方案中,检测器/控制器 132 与传动装置 106 的供电单元 130 和线圈 128 相联。因而,在本实施方案中所述检测器/控制器通过检测线圈 128 中的电流来检测工件的热致移动,相反,所述控制器通过控制供电单元 130 来对线圈 128 施加电流,从而移动支撑组件 104。

[0156] 在本实施方案中各检测器/控制器 132 包括处理器电路。更具体地,在本实施方案中各检测器/控制器包括数字信号处理器(DSP)。可选择的是检测器/控制器 132 可包括例如微控制器或类似装置,具有或不具有中央处理单元(CPU)。可选择的是可以替换为其它类型的检测器或控制器,并且可以通过相同或不同的组成来执行检测和控制功能。更具体地,在本说明书和权利要求书中,术语“控制器”、“检测器”和“处理电路”广义上包括能够执行本文所述功能或等同功能的任意类型装置或装置的组合,包括(但不限于)例如其它类型的微处理器、微控制器、其它集成电路、其它类型电路或电路组合、逻辑栅极或栅极组、或任意类型的可程序化装置,其单独或与位于相同位置或彼此远离的其它此类装置组合。从本说明书可以看出,对于本领域的普通技术人员而言,其它类型的控制器、检测器和处理器

电路将显而易见,并且认为任意此类其它类型控制器、检测器和处理器电路并未超出由所附权利要求所限定的本发明范围。

[0157] 在本实施方案中,检测器/控制器 132 包括程序存储器 134,其用作引导检测器/控制器 132 执行本文所述的各种功能的存储指令编码的计算机可读介质。应该理解程序存储器 132 仅为该计算机可读介质的一个例子。可选择的是,该指令编码可被提供在不同介质上,如压缩盘、软盘、硬盘、只读存储器或闪存 (FLASH memory),所指仅为少数实例。可选择的是,除了依靠本地存储器来提供该计算机数据信号形式的指令编码外,该指令编码还可被提供为包含在载波或包含在通讯或传输介质中如局域网或广域网如 Internet 的信号编码段,并且其可从远程设备接收。

[0158] 参照图 4、6 和 7,类似于示于图 6 的支撑装置 102 的多个支撑装置可被替换为示于图 4 的热处理室 60 中的支撑装置 21、32 和 34。一般而言,在本实施方案中,所述支撑组件移动系统被设计用来移动支撑组件 104 的接合部分,以使施加在工件 24 和接合部分之间的力最小,如下所详细讨论。

[0159] 预热阶段中,工件 24 的衬底测 28 由预热装置 62 辐射以加热工件至所需中间温度期间,检测器/控制器 132 控制供电单元 130 以控制施加到线圈 128 的导线上的电压,以使具有所需量值的恒定电流流入线圈 128,从而在活动组件 122 以及支撑组件 104 上施加恒定向上的力,再施加向上的力到工件 24 的衬底测 28 的外缘上。选择电流的所需大小,以使由支撑组件 104 以及由其它支撑装置的类似支撑组件施加到工件上的恒定向上的力精确平衡作用在工件 24 上的向下的重力。

[0160] 接着,在随后的加热阶段中,其中工件的器件侧 26 暴露于来自加热装置 64 的高功率辐射闪光以加热器件侧至较高的所需温度,同时大部分工件保持在较冷的中间温度,工件 24 可再次经历快速热弯曲,如前文所述(取决于闪光持续时间的短暂,和大部分工件的中间温度与仅加热器件侧 26 所达到的最终退火温度之间的差的大小)。假设发生这种快速热弯曲,随着工件最初开始快速变形,工件 24 的外缘会突然施加显著的向下的力在支撑组件 104 的接合部分上(以及在其它支撑装置的类似支撑组件的接合部分上)。应该理解这种突然向下的力引起线圈 128 中电流的相应突然增加。因而,在本实施方案中,为了检测工件 24 的热致运动,在其相应的传动装置 106 中的各检测器/控制器 132 被设计用来检测由通过工件的热致运动施加到各支撑组件 104 的接合部分的力所产生的电流。更具体地,检测器/控制器 132 被设计用来检测线圈 128 中的电流与所需电流水平的偏差,所需电流水平代表上述具有恒定大小以精确平衡由工件施加到支撑组件上的重力的恒定电流。

[0161] 当以上述方式检测热致运动时,检测器/控制器 132 被设计用来调节各支撑组件 104 的位置以使工件 24 的重量和由支撑组件的接合部分施加到工件上的向上的力之差保持在所需范围内。更具体地,各检测器/控制器 132 被设计用来使该差值最小。为达此目的,在本实施方案中,当检测由热致运动产生的线圈 128 中电流水平的上述偏差时,检测器/控制器 132 被设计用来控制传动装置 106 以调节支撑组件 104 的位置,从而使所述偏差最小。为此,检测器/控制器 132 控制供电单元 130 以调节施加到线圈 128 的导线上的电压,以使线圈中的实际电流回到所需大小,从而减小由支撑组件 104 施加到工件 24 上的向上的力,使支撑组件 104 继续仅抗衡工件上向下的重力,而不抗衡由工件初始热变形或弯曲所施加的向下的力。因此,支撑组件 104 将有效下降,以使工件 24 的外缘在其最初弯曲时突

然向下移动。如前文所述,热弯曲倾向于足够快地发生以使工件超越其平衡形状,随后易于相对其平衡形状振动或振荡。因而,当工件外缘开始向上移动且工件中央开始向下回复时,检测器/控制器 132 继续施加所需大小的电流到支撑组件 104 上(对应于精确平衡作用在支撑组件上的工件重力的向上的力),但由于工件边缘的向上热弯曲运动,该向上的力不再完全通过由工件施加到支撑组件上的向下的力所平衡,结果支撑组件 104 随工件边缘而上升。类似地,当工件振动运动的下一个循环开始且工件边缘开始再次向下移动时,由工件边缘施加到支撑组件 104 上的向下的力再次超过由支撑组件 104 施加的向上的力,引起线圈 128 中电流的变化,并且检测器/控制器 132 快速控制供电单元 130 以调节线圈中的实际电流,以使由支撑组件 104 施加到工件上的向上的力仅抗衡重力,从而允许支撑组件 104 在由工件边缘的向下的热弯曲运动所额外施加的力作用下下降。当工件继续振动时,允许工件外缘上下移动,同时倾向于保持与支撑组件 104(以及类似支撑组件)的接触,直至振动减弱。

[0162] 可选择的是,传动装置 106 可包括不同类型的传动装置。例如,传动装置 106 可包括线性伺服传动装置。或者,作为另一选择,传动装置 106 可包括压电传动装置。在此,压电传动装置是有利的,因为其具有快速响应时间(通常至少快达 10⁻⁵ 秒)、精确移动和显著有效(available)的力。然而,大部分现有压电传动装置受限于其有效移动范围,并且因此可能不适于某些应用。

[0163] 可选择的是,其它类型的传动装置可替换传动装置 106。

[0164] 在前述实施方案中,所述支撑组件运动系统被设计用响应工件热致运动的检测参数,亦即由热致运动导致的工件施加到支撑组件 104 上的力的变化所产生的线圈 128 中电流的检测变化,从而移动支撑组件。可选择的是,如果需要,所述运动系统可被设计用来响应热致运动的预测值,从而移动支撑组件。该预测值通过例如观察相似工件的热处理来经验性地获得。类似地,应该理解除了将各检测器/控制器 132 用于各传动装置 106 之外,如果需要,也可将单个检测器/控制器 132 用于某些或所有传动装置 106 的检测和控制目的。

[0165] 再参照图 6,传动装置 106 的活动组件 122 不需直接连接至支撑组件 104。例如,传动装置 106 可间接连接至支撑组件 104。在此,应该理解工件 24 外缘的热弯曲运动不会追随垂直线,而是更类似于弧线。因此,工件边缘的移动也具有水平部分。例如,为了某些应用,考虑到工件外缘的向下移动和工件中央的向上移动,可期望工件外缘水平向内移动约 1 毫米的距离。因此,如果支撑组件 104 被水平固定,则支撑组件尖端接触工件外缘区域的点实际上将进一步向外朝工件边缘滑落。该向内水平移动距离通常小于工件外侧排除区的径向宽度,因此,通过将支撑组件 104 定位在排除区内比弯曲期间工件的期望水平向内移动更内侧,可以保持工件和支撑组件之间的接触,不会使工件边缘比支撑组件尖端更加内移并且通过支撑组件之间的空隙掉落。然而,该工件外侧排除区穿过支撑组件尖端的滑落对于某些应用可能是不合需要的。例如,该滑落会刮擦工件的下表面,从而产生颗粒污染,也会不合需要地使工件下表面粗糙。

[0166] 因此,如果需要,除了将支撑组件 104 直接连接至传动装置 106 的活动组件 122 之外,所述活动组件可以通过移动转换装置连接至支撑组件 104,来将活动组件的垂直移动转换成支撑组件 104 的既有垂直又有水平部分的移动。

[0167] 例如,参照图 8 和 9,根据本发明第四实施方案的传动装置一般地示于 200。传动装

置 200 类似于示于图 7 的传动装置 106, 并且包括活动组件 122 和固定组件 120。然而, 在本实施方案中活动组件 122 并未直接连接至支撑组件 104, 而是连接至移动平移装置 202。在本实施方案中, 移动平移装置 202 被设计用来将传动装置 106 的活动组件的线性移动或更具体为活动组件 122 的线性移动转换成支撑组件 104 的曲线运动。为此, 在本实施方案中运动平移装置 202 包括第一连接臂 208, 传动装置 200 的活动组件 122 刚性连接于其上。所述运动平移装置还包括第二连接臂 210, 第一连接臂 208 经枢轴连接于其上。第二连接臂 210 于第一自由活动支点 212 处经枢轴连接至第一刚性杆 214。第一刚性杆 214 在第二自由活动支点 215 和第一固定支点 216 之间刚性延伸。本实施方案中, 将第一自由活动支点 212 配置在沿第一刚性杆 214 比第二自由活动支点 215 更接近第一固定支点 216 的位置处。将第一刚性杆 214 在第二自由活动支点 215 处经枢轴连接至改进的支撑组件 204。将第一固定支点 216 连接至外壳 (未示出) 以防止在固定支点 216 的任意空间尺度内转换运动或位移, 同时允许第一刚性杆 214 绕支点 216 转动 (因而允许支点 212 和 215 转动)。所述运动平移装置还包括第二刚性杆 218, 其经枢轴连接至第一固定支点 216 和第二固定支点 220, 将其锁住以防止支点 220 的转换运动或位移。运动平移装置 202 还包括连接第二固定支点 220 至沿支撑组件 204 配置的第三自由活动支点 224 的第三刚性杆 222。因而, 传动装置 200 的活动组件 122 的任意垂直线性运动导致第一和第二自由活动支点 212 和 215 沿中心为第一固定支点 216 的相应曲线路径运动, 同样, 导致支撑组件 204 的第三自由活动支点 224 沿中心为第二固定支点 220 的曲线路径运动。因此, 传动装置 200 的活动组件 122 的垂直像形运动导致支撑组件 204 的支撑尖端 228 沿图 9 所示曲线路径 230 运动。此外, 由于第一自由活动支点 212 的位置沿第一刚性杆 214 (接近第一固定支点 216), 导致较小的活动组件 122 的向下线性运动幅度被有效放大成为支撑组件 204 的支撑尖端 228 沿曲线路径 230 的较大幅度的向下曲线运动。

[0168] 为了方便说明, 图 9 所示各部件的尺寸未按比例示出, 而是放大示出。这些部件的实际尺寸将会变动, 以使热弯曲期间支撑组件 204 的尖端 228 所描画的曲线路径 230 符合工件 24 外缘的期望路径。可选择的是, 如果需要, 可以替换成任意其它适合类型的运动平移装置。

[0169] 参照图 5-7 和 10-12, 一种根据本发明第五实施方案的支撑用系统一般地示于图 10 中的 300。在本实施方案中, 多个支撑组件的多个活动接合部分中的每一个以类似于图 5 所示的方式与工件弹性接合。同样在本实施方案中, 类似于图 6 和 7 所示的支撑组件运动系统被设计用来响应工件 24 的热致运动, 从而移动多个支撑组件。

[0170] 更具体地, 在本实施方案中, 系统 300 包括多个支撑装置, 其包括示于图 10 的第一支撑装置 302, 其类似于示于图 5 的支撑装置 80。因而, 各支撑装置 302 包括具有支点 306 的支撑组件 304, 支撑组件 304 可绕其转动。将各弹簧 308 连接至各支撑组件 304 的支点 306 以外的位置上。更具体地, 在本实施方案中将支点 306 设置在支撑组件 304 连接弹簧 308 的点和接触工件 24 的支撑组件的接合部分 (尖端) 310 之间。因此, 如图 5 所示的构造, 在本实施方案中弹簧 308 (其在本实施方案中包括恒力弹簧) 用作对支撑组件 304 施加绕其支点 306 的力矩的力矩施加器, 以使接合部分 310 易于保持与工件的接触。为此, 弹簧 308 在支撑组件 304 的一端施加向下的力, 从而提供力矩来平衡由工件 24 的重量施加在支撑组件 304 的接合部分 (尖端) 310 上的力矩。

[0171] 参照图 4 和 10-12, 在本实施方案中, 支撑组件运动系统被设计用来移动支撑组件 304 的支点 306。在此, 在本实施方案中, 支点 306 未被固定在室 60 的相对后部空间中, 而是连接至传动装置 320。该连接可以是直接的, 或可选择为间接的 (例如, 支点 306 可由安装在外壳 312 的相对壁之间的枢轴杆所提供, 并且直接连接可通过将枢轴杆连接至传动装置来提供, 或可选择的是, 间接连接可以通过将外壳连接至传动装置 320 来制得)。传动装置 320 可以包括音圈传动装置, 如前文所述的音圈传动装置, 或可选择地, 可以包括任意其他合适类型的传动装置。在本实施方案中, 所述运动系统被设计用来施加电流至各传动装置 320, 以移动与其连接的支撑组件 304, 从而移动支撑组件的支点 306。为此, 在本实施方案中使传动装置 320 与加热装置 64 同步, 从而几乎在由加热装置 64 所产生的突然加热闪光所造成的工件 24 的热弯曲运动开始的同时, 传动装置 320 将整个支撑装置 302 向下移动, 从而使支撑组件 304 也同时随工件 24 的外缘的最初向下热弯曲运动而向下运动, 但没有任何支撑组件 304 绕支点 306 的明显转动。例如, 可响应工件 24 的热致运动的预测值来预定支撑装置 320 的向下运动的幅度。在本实施方案中, 传动装置 320 包括类似于以上结合图 7 所讨论的检测器 / 控制器 (未示出), 其可被用来检测工件的热致运动。因而, 如果需要, 可省略该同步和预测, 并且可以响应热致运动的检测来启动和控制传动装置 320 和支撑装置 302 的初始向下运动。图 11 示出由传动装置 320 引起的该初始运动之后的支撑装置 302 的构造。在该运动之后, 如图 12 所示, 由于工件 24 外缘的向下热弯曲运动继续, 支撑组件 304 开始绕支点 306 转动, 该枢轴运动被恒力弹簧 308 以图 5 所示实施方案的方式所对抗。随着工件外缘由于振动开始升回, 如果需要的话, 传动装置可类似地产生整个支撑装置 302 的向上运动。因而, 在本实施方案中, 支撑组件 304 的上下运动由弹簧 308 以部分被动的方式提供, 并由传动装置 320 以部分主动的方式提供。可选择的是, 如果需要, 可以替换成其它类型的混合主 / 被动支撑系统。类似地, 亦可采用如前所述的运动平移装置, 以使热弯曲期间由传动装置 320 引起的支点 306 运动描绘出对应于工件边缘所期望路径的曲线路径。

[0172] 参照图 6、13 和 14, 根据本发明第六实施方案的支撑用系统一般地示于图 13 的 400。在本实施方案中, 系统 400 包括与工件 24 下表面接合的第一组各支撑组件的第一组活动接合部分, 且还包括与工件上表面接合的第二组各支撑组件的第二组活动接合部分。在本实施方案中, 第一和第二组接合部分分别在工件的外周区域与工件的下表面和上表面接合, 该工件的外周区域在本实施方案中为工件的外侧排除区。

[0173] 更具体地, 在本实施方案中第一组支撑组件的每一个包括第一支撑装置 402 的支撑组件 404, 其有点类似于示于图 6 的支撑装置 102, 因而包括传动装置 406。在本实施方案中第二组支撑组件的每一个包括抑制装置 410 的抑制组件 414, 其又包括传动装置 416。在本实施方案中, 抑制组件 414 和抑制装置 410 有点类似于示于图 6 的支撑组件 104 和支撑装置 102, 但被设计用来通过在工件的外侧排除区接触工件的器件侧 26 来接合工件。在本实施方案中, 然而, 传动装置 406 和 416 受控制器 420 控制, 该控制器在各传动装置中与力检测器 (未示出) 连通。控制器 420 接收来自力检测器的信号, 其代表热弯曲或热致运动期间工件 24 施加至支撑组件 404 和抑制组件 414 的力。例如, 响应于该力检测信号, 控制器 420 调节相对位置和 / 或由支撑组件 404 和抑制组件 414 所施加的力, 以保持支撑组件和抑制组件在工件热弯曲和随之的振动期间与工件外侧排除区接触, 如图 14 所示。

[0174] 为此, 控制器 420 被设计用来以类似于以上结合图 6-9 所讨论的方式来移动支撑

组件 404 的第一组接合部分,以使工件重量和施加在第一组接合部分与工件间的力之差最小。类似地,控制器 420 被设计用来移动抑制部件 414 的第二组接合部分,以使施加在工件和第二组接合部分之间的力最小。后者的最小化类似于前者,只是在抑制组件 414 的情况下,传动装置 416 的线圈中的所需电流水平对应于施加在抑制组件 414 和工件之间的零力,而在支撑组件 404 的情况下,传动装置 406 的线圈中的所需电流水平对应于重力,即作用在支撑组件 404 上的工件重量。控制器 420 检测来自所需电流水平的偏差,并且控制施加至传动装置 406 和 416 的电压以移动支撑组件 404 和抑制组件 414,从而回复传动装置线圈中电流水平至其各自所需水平。理想地,应该遮蔽力检测器和控制器 420,以使可能由于电容组突然放电或其它用于启动加热装置 64 以产生闪光来加热工件器件侧 26 至其最终退火温度的脉冲供电所引起的任意电干扰或噪声最小。除了以前文所述的方式支撑工件的优点之外,在控制器 420 的引导下抑制组件 414 和传动装置 416 的作用有助于抑制工件的振动,从而降低由于该振动而损伤工件的可能性。如果需要,如前文所述的运动平移装置也可被用于支撑组件和抑制组件。

[0175] 参照图 1-5 和 15,根据本发明第七实施方案的支撑装置一般地示于图 15 的 500。支撑装置 500 在某些方面类似于示于图 5 的支撑装置 80,因而包括类似于支撑组件 82 的支撑组件 502,其在枢轴 504 处可枢轴转动地安装至支撑组件外壳 503,来绕其进行枢轴转动。外壳 503 可以包括示于图 1-4 的工件平面板 30,或可选择的,如果需要的话,可以包括例如图 1 所示的外壳 36 的单独外壳。枢轴 504 设置在支撑组件 502 连接至弹簧 506(在本实施方案中包括恒力弹簧)的点 505 和支撑组件尖端 508 与工件 24 间的接触点之间。为完成该枢轴连接,在本实施方案中包括石英针脚的支撑组件 503 刚性连接至套管 510,其又在枢轴 504 处可枢轴转动地连接至位于套管对侧的第一和第二安装组件(其一示于 512),各安装组件刚性固定至外壳 503。

[0176] 如图 1-3 所示的实施方案,本实施方案的支撑装置 500 包括与支撑组件 502 连通且施加力于其上的施力器,以使支撑组件 502 的接合部分易于在工件热致运动期间保持与工件的接触。然而,在本实施方案中,所述施力器包括设计用来施加第一和第二相反力矩至支撑组件 502 上的第一和第二力矩施加器,第二力矩的作用是使支撑组件 502 逆向超越支撑组件 502 的平衡位置。更具体地,在本实施方案中,第一力矩施加器包括弹簧 506,其施加的力矩易于平衡由工件 24 的重量所施加在支撑组件 502 的尖端 502 上的相反力矩。在本实施方案中,第二力矩施加器包括第二弹簧 520,其在本实施方案中在支撑组件 502 的尖端 508 的末端或对侧处连接至支撑装置 500。在本实施方案中,第二弹簧 520 包括从支撑装置 500 以离开工件 24 的方向延伸的柔性伸长金属组件。当工件 24 静止且支撑装置处于平衡状态时,第二弹簧 520 的末端与从外壳 503 下表面向上突出的刚性止动器 522 保持接触。操作期间,当工件 24 外缘初始向下热弯曲时,支撑组件 502 相对于外壳 503 沿枢轴转动(以图 15 所示的逆时针方向),因此,第二弹簧 520 的末端沿逆时针曲线路径离开止动器 522 向上升。几毫秒之后,当工件 24 外缘快速向上振回时,由第一弹簧 506 施加至支撑装置 500 上的力使支撑组件 502 以顺时针方向沿枢轴转动,直至第二弹簧 520 接触到止动器并随着支撑装置越过其平衡角位置而弯曲,从而对支撑装置施加逆时针力矩以使其易于朝其平衡角回复。应该理解在本实施方案中止动器 522 防止支撑装置 500 顺时针转过其平衡角位置过多。有利的是,因为第二弹簧 520 以弹性方式接合止动器 522 以实现之,因此可以使以其

它方式发生的负面影响（如由于支撑装置的刚性部分与止动器碰撞导致的颗粒污染）最小或避免。

[0177] 参照图 16, 根据本发明第八实施方案的支撑装置一般地示于 600。在本实施方案中, 支撑装置 600 包括一般地示于 602 的多个柔性支撑组件。在本实施方案中, 各柔性支撑组件 602 具有例如示于 604 的约束部分, 和示于 606 的非约束部分。在本实施方案中, 各支撑组件 602 的活动接合部分包括非约束部分 606。

[0178] 在本实施方案中, 各柔性支撑组件 602 包括柔性纤维。更具体地, 在本实施方案中各柔性纤维包括光纤。再具体地, 在本实施方案中各柔性纤维包括石英光纤。在本实施方案中, 选择光纤是因为其广泛适用性、低成本和足够的机械性能, 虽然某些光纤在特定应用上可能不合需要地脆。然而, 可选择的是, 可以替换为其它类型的纤维。例如（而不限于）, 可以替换为由蓝宝石、覆盖有无定形石英的结晶石英、碳化硅、碳纤维、石英包金属、玻璃或玻璃包金属组成的纤维。例如, 蓝宝石纤维通常具有比石英更高的强度, 并且对于如本实施方案的实施方案有利, 其中该纤维的外包层已被除去亦或不存在, 详细讨论如下。更一般地, 可替换为其他类型的柔性支撑组件。对于本实施方案的目的, 优选的是, 合适的柔性支撑组件应该无污染、柔性、轻质, 并应该拥有足够的温度耐受性以承受本文所述的热循环。

[0179] 应该理解通常所售光纤具有外部铝涂层或包层。因而, 为了防止铝包层接触和污染工件, 在本实施方案中, 该铝包层已被从柔性支撑组件 602 的非约束部分末端（“末端”指相对于套管 610 的末端）化学除去。更具体地, 在本实施方案中该铝包层已被从各非约束部分 606 的末端沿 2mm 长度处除去。各非约束部分 606 的未包覆末端优选具有光滑表面, 例如以下结合图 37 所讨论的光滑表面。

[0180] 参照图 16, 在本实施方案中, 支撑装置 600 包括至少一个设计用来约束柔性支撑组件 602 的约束部分 604 的约束器。更具体地, 在本实施方案中所述至少一个约束器包括支撑装置 600 的套管 610。在本实施方案中, 各约束部分 604 长度为 10mm, 并且被约束或锁在套管 610 内的位置中。同样在本实施方案中, 各非约束部分长度为 17mm, 其中 15mm 为包铝层且剩下的 2mm 是未包覆的末端。各非约束部分 606 从套管 610 延伸, 以使各非约束部分 606 的未包覆末端与工件 24 在其外侧排除区接合。同样在本实施方案中, 各柔性支撑组件 602 具有少于 2mm 的直径。然而, 可选择的是可以在特定实施方案中替换为其它尺寸或尺寸的组合。通常, 将选择该尺寸以提供柔性和足够快的响应时间之间的所需平衡。在此, 更大直径通常易于增加支撑组件的刚度。加长支撑组件的非约束部分可用来降低其刚度, 因而可用于更厚的直径, 虽然该方法倾向于减慢支撑组件的响应时间常数, 在本实施方案中也是不合需要的。同样需要使柔性支撑组件的质量最小。因而, 在如本实施方案的实施方案中, 其中工件是待经历极快热弯曲和振动的半导体晶圆, 所述直径应足够小且未约束长度足够长, 以提供所需的弹性或柔性, 同时所述长度也应该足够短以提供快速响应时间, 来使柔性支撑组件在毫秒或更短量级的时间尺度上响应工件的运动, 而同时非约束部分质量最小的情况下实现这些目的。

[0181] 一般, 支撑组件的振动频率与其物理尺寸和质量的相关性如下:

$$[0182] \quad \omega_n = A \sqrt{\frac{EI}{\mu * l^4}} \text{RAD/SEC}$$

[0183] 其中

[0184] E = 杨氏模量 $[N/m^2]$

[0185] I = 支撑组件截面的惯性面积矩 $[m^4]$

[0186] t = 支撑组件的长度 $[m]$

[0187] μ = 单位长度支撑组件的质量 $[kg/m]$

[0188] A = 系数 (对于振动模式 2, $A = 3.52$; 对于模式 2, $A = 22.0$; 对于模式 3, $A = 61.7$ 等)

[0189] 因而, 前述关系和观察有助于针对给定应用选择支撑组件所需的长度和直径。

[0190] 参照图 15/16 和 19, 在本实施方案中, 示于图 16 和 19 的支撑装置 600 有点类似于示于图 15 的支撑装置 500, 最显著的差异是用柔性支撑组件 602 (在本实施方案中为柔性石英纤维) 替换刚性支撑组件 502。因而, 本实施方案包括设计用来对多个支撑装置 600 施加力的多个施力器, 以使各非约束部分 606 易于在工件热致运动期间保持与工件的接触。更具体地, 所述施力器包括力矩施加器, 或更具体地包括弹簧 506 和 520。

[0191] 在本实施方案中, 支撑系统包括类似于支撑装置 600 的多个支撑装置, 其以不同的间隔围绕工件 24 的外周配置。因而, 在本实施方案中所述至少一个约束器包括多个约束器, 即各支撑装置 600 的多个套管 610 围绕工件的外周配置。如图 16 明显所示, 在本实施方案中所述多个约束器由比柔性支撑组件数量少的约束器组成, 并且各约束器被设计用来约束不只一个柔性支撑组件, 例如示于图 16 的六个一组的支撑组件 602。更具体地, 在本实施方案中各约束器, 即各套管 610 被设计用来约束通常相互平行的不只一个柔性支撑组件。

[0192] 参照图 16 和 17, 根据本发明第九实施方案的支撑装置示于图 17 的 650。支撑装置 650 通常类似于支撑装置 600, 并且包括一般地示于 652 的多个柔性支撑组件, 其每个均具有如示于 654 的约束部分和如示于 656 的非约束部分。各约束部分被约束或锁在约束器内的位置中, 或更具体地, 约束或锁在套管 660 中。如前述实施方案, 各约束器约束不只一个柔性支撑组件 652。然而, 在本实施方案中各约束器被设计用来约束通常相互发散的多于一个的柔性支撑组件。因而, 在本实施方案中柔性支撑组件 652 一般不是平行的, 而是从套管 660 朝工件 24 以发散方式延伸。在图 17 所示的实施方案中, 该柔性支撑组件通常是直的 (但是可以包括弯曲的末端区域, 结合图 20 更详细地讨论如下), 并且从套管 660 沿发散路径向外延伸。

[0193] 参照图 17 和 18, 可选择地, 如果需要, 所述柔性支撑组件可以通过沿各自地弯曲路径延伸来发散。例如, 根据本发明第十实施方案的支撑装置一般地示于图 18 的 680。支撑装置 680 一般类似于支撑装置 650, 并且包括通常示于 682 的多个柔性支撑组件, 其每个均具有如 684 所示的约束部分和如 686 所示的非约束部分。各约束部分被约束和锁在套管 690 内的位置中。然而, 在本实施方案中, 柔性支撑组件 682 从套管 690 沿各自的发散弯曲路径朝工件延伸。为此, 可将该多个柔性支撑组件 682 预热并弯曲成所需曲率。

[0194] 如果需要, 可进一步选择的是, 各约束器仅可约束单一的相应柔性支撑组件的约束部分。更具体地, 支撑装置 600 的柔性支撑组件 682 可被用于本发明的其它实施方案中, 例如本文所述任何其它实施方案。

[0195] 如图 17 和 18 所示的实施方案易于使与工件接触的点更广泛分布, 并且减少遮蔽

效应。

[0196] 参照图 16-19,在上述实施方案中,用来弹性支撑工件的支撑系统包括类似于支撑装置 600(或可替代为 650、680)的多个支撑装置,其围绕工件外缘以不同的角度位置配置。虽然三个或甚至两个该支撑装置可以满足某些应用,但该系统优选 4 个或更多的该支撑装置,以在该支撑装置之一可能没有适当接合工件的情况下提供足够的支撑稳定性。

[0197] 参照图 19,在本实施方案中,柔性支撑组件 602(或可选择为 652 或 682)以相对于工件平面约 25° 的角度接合工件外侧排除区。可选择的是,可以替换为其它角度。

[0198] 可选择地,参照图 20,在本发明的第十一实施方案中,柔性支撑组件 602(或可选择为 652 或 682)可以更陡的角度来接合工件的外侧排除区,例如图 20 所示的柔性支撑组件 602 的非约束部分 606 与工件 24 之间的接合角度。如果采用该更陡的接合角度,则各柔性支撑组件 602 的非约束部分 606 优选具有用来接合工件 24 的外侧排除区的弯曲末端区域 620。例如,可以通过预热所述柔性支撑组件并在加热时机械弯曲末端区域 620 来达到该弯曲。末端区域 620 的弯曲用来使由末端区域 620 对工件衬底侧的刮擦最小,该刮擦可以在工件热弯曲和振动期间以其它方式发生。

[0199] 虽然前述实施方案将支撑装置 600(或 650 或 680)的柔性支撑组件 602(或可选择为 652 或 682)描述为连接一个或多个弹簧(例如图 15 和 19 所示的弹簧 506 和 520)使用,可选择的是,在某些实施方案中由柔性支撑组件 602(或 652 或 682)提供的柔性将足以弹性支撑该工件,而无需任何弹簧或其它弹性或柔性部件。因而,在该实施方案中,可以固定套管 610 的位置和取向,并且仅可以移动柔性支撑组件的非约束部分。

[0200] 例如,参照图 21,根据本发明第十二实施方案的用来支撑工件 24 的支撑系统一般地示于 700。在本实施方案中,支撑系统 700 包括多个支撑装置 701,例如示于 702、704、706 和 708 的支撑装置,其围绕工件平面板 710 的内侧工件支撑孔以不同间隔配置。在本实施方案中,支撑装置 702 和其它类似支撑装置从工件平面板 710 的下方区域向内和向上延伸,以弹性接合工件 24 的衬底侧 28 的外侧排除区。

[0201] 参照图 21 和 22,图 22 中更详细地示出支撑装置 702。在本实施方案中,支撑装置 702 包括柔性支撑组件 712,其在本实施方案中包括石英光纤,尽管作为选择,如前文所述可以替换为其它合适的柔性支撑组件。在本实施方案中,柔性支撑组件 712 部分包含在包层 714 中,其在本实施方案中为与石英纤维一起商业销售的铝包层。该铝包层已从工件平面板 710 末端处(工件 24 附近)的柔性支撑组件 712 的未包覆末端区域 716 处通过化学方法除去,以使石英纤维的暴露或未包覆的末端区域 716 接触工件 24 的衬底侧 28 的外侧排除区。如以上结合前述实施方案所述,在本实施方案中柔性支撑组件 712 的末端区域 716 是弯曲的,以使在工件热致弯曲和振动期间由柔性支撑组件对工件衬底侧 28 的刮擦最小。在本实施方案中,将铝包层紧紧固定在套管 718 内,其在本实施方案中包括不锈钢管。将套管 718 紧紧固定在工件平面板 710 内。

[0202] 在本实施方案中,柔性支撑组件 712 长度为 27mm,其中邻近工件平面板 710 的 10mm 长的末端区域被封闭在包层 714 和套管 718 中,仅 13mm 长的中间区域被封闭在包层 714 中,而远离工件平面的 4mm 长的末端区域 716 暴露,既不包覆套管也不包覆包层。在本实施方案中,套管 718 和包层 714 以相对垂线成 35°(或相对于工件平面为 55°)从工件平面板 710 延伸,虽然选择该角度主要是为了便于使工件平面板所需的改变最小。以下更

详细讨论可选择的其它角度。更具体地,如需要,可以替换为尺寸、角度或构型的其它组合。

[0203] 参照图 21 和 22,在本实施方案中,支撑系统 700 包括如示于图 21 和 22 的支撑装置 702 的多个支撑装置,其配置在工件平面板的不同位置。更具体地,在本实施方案中工件支撑系统 700 包括 16 个该支撑装置,排列为紧密间隔的 8 对,每对绕工件 24 的圆周以 45° 间隔对称放置。在此,连同其它优点一起,在各角度位置以紧密间隔对排列的该支撑装置有效提供后备,从而即使一对支撑装置未能如预定那样操作,其它支撑组件对也通常能够足以在该角度位置支撑工件,从而防止工件掉落而遭损坏。

[0204] 然而,可选择地,可以提供其它数量和角度构型的支撑装置。通常,对于类似于本实施方案的实施方案,优选该支撑装置的数量和位置的选择通过使支撑组件质量最小的需要来指导,而同时提供足够量的该支撑装置以在本文所述的热致弯曲和振动运动期间支撑工件。

[0205] 例如,再参照图 21 和 22,在适合处理 200mm 直径的晶圆的类似可替代实施方案中,例如,改进的工件支撑系统 700 包括 6 个该支撑装置 702,排列为紧密间隔的 3 对,每对绕工件 24 的圆周以 120° 间隔对称放置。类似地,在适于处理 300mm 直径的晶圆的另一可替代实施方案中,例如,改进的工件支撑系统 700 包括 8 个该支撑装置 702,排列为紧密间隔的 4 对,每对绕工件 24 的圆周以 90° 间隔对称放置。该可替代实施方案的支撑装置 702 类似于示于图 22 的支撑装置,尽管在这些可替代实施方案中暴露的或未包覆的末端区域 716 长度为 2mm。在此,已发现缩短未包覆末端区域 716 的长度会降低纤维断裂的可能性。在这些实施方案中,缩短的未包覆末端区域 716 具有表面光滑的尖端,如下结合图 37 所述。

[0206] 同样在这些可替代实施方案中,已改变支撑装置 702 相对于工件 24 平面的接合角度。在这些实施方案中,各接合部分以相对于工件平面成 $10-80$ 度角与工件 24 下表面接合。更具体地,在这些实施方案中所述角度为 $15-35$ 度。再具体地,在这些可替代实施方案中所述角度为 25 度。在此,虽然所需角度的选择可随应用的不同而改变,但是已发现对于某些半导体晶圆应用,陡的接合角度,例如 $80-90^{\circ}$ 会增加擦伤晶圆和损坏支撑组件或晶圆的可能性,同时浅角度,例如 $0-10^{\circ}$ 会增加柔性支撑组件 712 的断裂可能性。因而,对于某些应用,优选相对于工件平面的接合角度的范围为 $10-80^{\circ}$;更加优选接合角度为 $15-35^{\circ}$;对于特定应用再优选接合角度为 25° 。然而,可选择的是,可以替换为其它角度。

[0207] 在所有这些实施方案中,优选对于柔性支撑组件 712 的未封闭部分,即柔性支撑组件 712 延伸超过套管 718 的部分,与用于给定系统的其它柔性支撑组件的未包覆部分的长度精确相等,以保持从支撑组件到支撑组件的一致的柔性。为了相似的理由,优选精确控制未包覆末端区域 716 的长度来调和柔性和抗断裂性。类似地,优选对于各支撑装置 702 以相同角度接合工件 24。

[0208] 更具体地,可以替换为其它适合的构型和尺寸,无论是否对称和一致或其它。

[0209] 参照图 23 和 24,根据本发明第十三实施方案的用来支撑工件 24 的支撑系统一般地示于图 23 的 800。在本实施方案中,支撑系统 800 包括例如 804、806 和 808 所示的多个支撑装置 802,其绕工件平面板 810 的内工件支撑孔以不同间隔配置。在本实施方案中,支撑装置 802 从工件平面板 810 的下方区域向内向上延伸,以弹性接合工件 24 的衬底侧 28 的外侧排除区。然而,与示于图 21 和 22 的前述实施方案不同,在示于图 23 和 24 的实施方案中,各支撑装置包括弹性接合于工件排除区的柔性弯曲支撑组件。

[0210] 在此,参照图 24 详细示出支撑装置 804,支撑装置 804 包括柔性弯曲支撑组件 812,其在本实施方案中包括光学石英纤维,尽管可选择的是可以替换为其它类型的柔性支撑组件。在本实施方案中,柔性弯曲支撑组件 812 包括间隔开的第一和第二约束部分,以及在其间的弯曲路径中延伸的约束部分。更具体地,在本实施方案中第一约束部分包括第一末端区域 815,所述非约束部分包括中间区域 816,第二约束部分包括第二末端区域 817。第一和第二约束部分因而位于支撑组件 812 的相反末端,并且在其间限定了非约束部分。第一和第二约束部分,或更具体的第一和第二末端区域 815 和 817 被固定在工件平面板 810 上以防止约束部分运动。在本实施方案中,柔性弯曲支撑组件 812 被部分约束在包层 814 中,其在本实施方案中是与石英纤维一起商业销售的铝包层。该铝包层已被从柔性弯曲支撑组件 812 的中间区域 816 上化学除去,以使石英纤维的暴露的中间区域 816 接触工件 24 的衬底侧 28 的外侧排除区。

[0211] 在本实施方案中,系统 800 包括设计用来约束相隔开的第一和第二约束部分(即第一和第二末端区域 815 和 817)的第一和第二约束器,以使非约束部分(即中间区域 816)在其间的弯曲路径中延伸。更具体地,在本实施方案中第一和第二约束器包括第一和第二套管 818 和 819。在第一末端区域 815 处,围绕柔性弯曲支撑组件 812 的铝包层 814 紧密固定在第一套管 818 内,其在本实施方案中包括不锈钢管。类似地,在本实施方案中,在第二末端区域 817 处,围绕柔性弯曲支撑组件 812 的铝包层 814 紧密固定在第二套管 819 内,其包括类似的不锈钢管。套管 818 和 819 紧密固定在工件平面板 810 内。

[0212] 参照图 22 和 24,在本实施方案中,各套管 818 和 819 类似于示于图 22 的套管 718,且类似地固定在工件平面板内。在本实施方案中,然而,在本实施方案中包括套管 818 和 819 的第一和第二约束器被设计用来约束第一和第二约束部分(即第一和第二末端区域 815 和 817),以使非约束部分(即中间区域 816)沿弯曲路径从第一约束部分向上向内朝工件 24 延伸至与其接触的区域,并且从该接触区域向下和向外延伸至第二约束部分。更具体地,除了线性向内和向外朝工件延伸之外,柔性弯曲支撑组件 812 在第一末端区域 815 处从套管 818 和包层 814 伸出,并且向内和向上沿近似曲线路径朝工件 24 延伸,以使中间区域 816 的中心接触并支撑工件 24 的衬底侧 28 的外侧排除区。随后柔性弯曲支撑组件 812 继续从其中心线下和向外沿曲线路径延伸至第二末端区域 817,其中围绕末端区域 817 的包层 814 被固定在套管 819 内。在接触工件的中间区域 816 的中心处,非约束部分的切线(即位于中间区域 816 中心处的其切线)基本平行于在接触区域附近工件 24 外周的切线。在本实施方案中,如图 22 所示的实施方案,柔性弯曲支撑组件 812 的曲线路径的角度为相对于垂线约 35° ,尽管选择该角度是为了便于使对现有工件平面板的改变最小。可选择的是,可以替换为其它角度或构型。在示例性实施方案中,柔性支撑组件 812 可以在套管 818 内从第一末端区域 815 延伸 10-20mm 长,并且可以再延伸 20-40mm 长超出包层 814 内的套管,并且可以在其中央区域再延伸 2-4mm 的未包覆长度,在该处柔性支撑组件 812 接触工件 24。该柔性支撑组件随后可以在包层 814 中朝第二末端区域 817 再延伸 20-40mm 长,并在套管 819 中再延伸 10-22mm 长。例如,该柔性支撑组件具有直径为 0.5-2mm。可选择的是,如果需要可以替换为其它长度和直径。在其它类似实施方案中,如其中柔性支撑组件 812 包括诸如蓝宝石的材料的实施方案,可以根据需要完全省略包层 814。

[0213] 在本实施方案中,多个支撑装置 802 包括至少 4 个类似于支撑装置 804 的支撑装

置,以在支撑装置之一断裂或以其它方式失效时提供足够稳定的支撑。更具体地,在本实施方案中多个支撑装置 802 包括 20 个该支撑装置。然而,可选择的是,如果需要可以替换为其它数量的支撑装置。

[0214] 参照图 25-30,根据本发明的第十四实施方案的用来支撑工件 24 的支撑系统一般地示于 900。在本实施方案中,支撑相同 900 包括一般地示于 902 的多个柔性支撑组件。在本实施方案中,个柔性支撑组件 902 包括弹性接合于工件的柔性纤维。更具体地,如前述实施方案,在本实施方案中各柔性支撑组件包括石英光纤,尽管可选择的是可以如本文所述替换为蓝宝石或其它类型的纤维,或更一般地替换为其它类型的柔性支撑组件。优选的是,为了本实施方案的目的,可选柔性支撑组件应该为无污染、柔性、轻质,并且应该具有足够的温度耐受性以承受本文所述的热循环。

[0215] 参照图 28 和 30,示例性柔性支撑组件一般地示于图 28 的 903。为便于说明,仅描述示例性支撑组件,应该理解其余的柔性支撑组件 902 是类似的。在本实施方案中,柔性支撑组件 903 具有约束部分 904 和非约束部分 906。更具体地,在本实施方案中柔性支撑组件 903 包括位于其末端的约束部分 904 和从约束部分 904 向内朝工件 24 中央区域延伸的非约束部分 906。

[0216] 在本实施方案中,柔性支撑组件 903 包括纤维 907。在本实施方案中,柔性纤维 907 的部分长度被封闭在外部包覆层 908 内,其在本实施方案中是商业销售的具有纤维 907 的铝包层。在此,为了防止铝包层接触和污染工件,在本实施方案中,已将铝包层从柔性支撑组件 903 的非约束部分 906 的长度段上化学去除。更具体地,在本实施方案中柔性支撑组件 903 具有 65mm 长,并且已将铝包层或涂层从其长度的最内侧 40mm 处化学除去。

[0217] 可选择的是,可以替换为其它合适的长度,这取决于柔性支撑组件 902 的所需柔性和质量。例如,在某些实施方案中可以彻底省略铝包层或涂层,如其中支撑组件包括蓝宝石的实施方案。

[0218] 在本实施方案中,支撑系统 900 包括至少一个用来约束约束部分 904 的约束器。在本实施方案中,所述至少一个约束器包括工件平面板 920。更具体地,在本实施方案中所述至少一个约束器包括多个限定在工件平面板内的夹具,用来夹持多个柔性支撑组件 902 的约束部分。再具体地,在本实施方案中,各约束部分 904 被约束或锁在一般地示于图 28 和 30 中 910 的夹具内的位置中。在本实施方案中,夹具 910 包括上夹具组件 912 和下夹具组件 914。更具体地,在本实施方案中,上夹具 912 通常具有平面形下表面,且下夹具组件 914 具有限定在其上表面中的 V 形槽或沟道 916,其沿下夹具组件 914 的长度延伸。选择 V 形槽 916 的尺寸以使柔性支撑组件 903 可被设置到 V 形槽 916 中,从而当上夹具组件 912 的下表面压住下夹具组件 914 的上表面时,外包层 908 被隐蔽地固定在上夹具组件 912 下表面和 V 形槽 916 的两个表面之间,从而防止固定在夹具 910 中的部分柔性支撑组件 903 相对于其运动。确定夹具 910 的方向以使 V 形槽 916 和柔性支撑组件 903 径向向内指向工件 24 的中央。

[0219] 在本实施方案中,如 910 所示的多个夹具由有效用作多个上夹具组件 912 的上夹环所限定,并且具有多个 V 形槽的有效用作多个下夹具组件 914 的下夹环也被限定其中。所述上下夹环径向向内延伸约 10mm 长,其中各柔性支撑组件 902 的约束部分 904 被隐蔽固定。可选择的是,如果需要可以替换为其它约束长度。

[0220] 参照图 28 和 29, 在本实施方案中工件平面板 920 将多个工件支撑孔限定在其内表面中, 并且约束部分 904 被固定至工件平面板, 同时非约束部分 906 通过工件支撑孔向内朝工件延伸。更具体地, 在本实施方案中各工件支撑孔包括限定在工件平面板 920 内表面中的垂直孔 918。因而, 在本实施方案中柔性支撑组件 903 的非约束部分 906 通过垂直孔 918 向内朝工件 24 的中央伸出, 该孔使柔性支撑组件 903 的非约束部分 906 相对于工件平面板 920 上下移动。在本实施方案中, 各非约束部分 906 的内尖端 924 向内穿过工件 24 的外缘 922, 以使内尖端 924 离工件中心的径向距离短于离工件外缘 922 的径向距离。更具体地, 在本实施方案中内尖端 924 比工件外缘 922 再向内延伸了约 10mm, 尽管可选择的是可以替换为其它长度关系。因而, 在本实施方案中支撑组件 903 的接合部分包括沿非约束部分 906 位于约束部分 904 和内尖端 924 之间的中间点 926。非约束部分 906 或更具体地沿其定位的中间点 926 与工件外缘 922 接合以接触和支撑工件。

[0221] 在本实施方案中, 工件平面板 920 被设计用来一般在水平方向约束约束部分 904, 以使非约束部分 906 一般水平向内朝工件 24 中央区域延伸同时向下陷。在此, 由于由工件外缘 922 施加到中间点 926 上的向下的重力, 柔性支撑组件 903 向下弯曲, 以致柔性支撑组件的内尖端 924 被“下陷位移”垂直移动至工件 24 平面以下距离。

[0222] 再参照图 28 和 29, 在本实施方案中, 多个柔性支撑组件 902 包括至少 20 个伸长的柔性支撑组件。更具体地, 多个支撑组件 902 包括至少 50 个该支撑组件。再具体地, 在本实施方案中多个支撑组件 902 包括约 60 个类似于示例性支撑组件 903 的柔性支撑组件, 绕限定在工件平面板 920 中的内部工件支撑孔以大致等距间隔配置。在本实施方案中, 其中工件为半导体晶圆并且柔性支撑组件 902 为如上所述的光纤, “下陷位移”通常范围为约 3mm- 约 5mm。因而, 在本实施方案中非约束部分 906 以相对于工件平面向下小于约 10 度的角度与工件 24 的外缘 922 接合。作为选择, 可以接受或需要其它下陷位移距离和角度, 这取决于将来的具体应用。

[0223] 通常, 再示于图 28 和 29 中的说明性实施方案中, 各柔性支撑组件 902 具有约 0.4mm-2mm 的直径。然而, 可选择的是, 如结合其它实施方案所讨论的, 可以替换为其它合适的尺寸, 选择长度和直径以提供对于给定应用的所需弹性和快速响应时间。

[0224] 参照图 20-28, 如果需要, 示于图 28 的柔性支撑组件 903 的内尖端 924 可被提供有类似于示于图 20 中的弯曲末端区域 620 的弯曲末端区域, 以使热致弯曲或振动期间对工件 24 的衬底侧 28 的可能刮擦的效果最小。

[0225] 参照图 31, 根据本发明的第十五实施方案的用来支撑工件的支撑系统一般地示于 1000。在本实施方案中, 支撑系统 1000 被设计用来抑制工件的振动, 或更具体的抑制工件的至少一种固有振动模式, 其在本实施方案中包括工件的第一和第二固有振动模式。为此, 支撑系统 1000 包括一般地示于 1002 和 1004 的第一和第二支撑装置。支撑装置 1002 和 1004 包括相应的柔性支撑组件 1006 和 1008, 其在本实施方案中包括石英纤维。更具体地, 在本实施方案中所述石英纤维为已经化学除去铝包层并且具有约 100 微米直径的光学石英纤维。

[0226] 可选择的是, 如结合前述实施方案所讨论的, 可以替换为其它类型的纤维, 或更一般的是其它合适类型的柔性支撑组件。

[0227] 在本实施方案中, 各柔性支撑组件 1006 和 1008 具有间隔开的第一和第二约束部

分,以及在其间的弯曲路径中延伸的非约束部分。更具体地,柔性支撑组件 1006 的第一和第二约束部分分别包括固定端 1010 和可调端 1014,类似地,柔性支撑组件 1008 的第一和第二约束部分分别包括固定端 1012 和可调端 1016。柔性支撑组件 1006 的固定端 1010 附着至工件 24 附近的工件平面板 1018,正好位于工件 24 的平面下方;相似地,柔性支撑组件 1008 的固定端 1012 附着至正好位于工件 24 的平面上方的工件平面板。因而,工件平面板 1018 用作用来约束柔性支撑组件 1006 和 1008 的固定端 1010 和 1012 的第一约束器。

[0228] 在本实施方案中,各支撑组件的非约束部分沿约束部分之间的弯曲路径延伸,以使与工件的接触区域处非约束部分的切线径向向内朝工件中心延伸。例如,在本实施方案中柔性支撑组件 1006 从其固定端 1010 沿一般为环形的路径(以如图 31 所示的逆时针方向)延伸,并且接触和支撑工件外侧排除区附近的工件 24 的衬底侧 28。柔性支撑组件 1006 继续(逆时针)沿环形路径从与工件的接触点环绕并且通过限定在工件平面板下表面中的孔 1020 重新进入工件平面板 1018。柔性支撑组件 1006 的可调端 1014 进入并且被固定在长度控制器 1022 中,其用作约束柔性支撑组件 1006 的可调端 1014 的第二约束器。

[0229] 在此,在本实施方案中各柔性支撑组件 1006 和 1008 的第一和第二约束部分的至少其一为可伸缩约束。因而,在本实施方案中,系统 1000 包括长度控制器 1022,其在本实施方案中包括机械伸缩器,并且其可伸缩约束柔性支撑组件 1006 的第二约束部分(即可调端 1014)。该伸缩器被设计用来伸缩第二约束部分以有效缩短非约束部分,相反,其也被设计用来延伸第二约束部分以有效伸长非约束部分。在本实施方案中,长度控制器 1022 可从其中安装有工件平面板 1018 的处理室外部远程控制,以伸长或缩短柔性支撑组件 1006 的有效长度,从而改变环形路径的形状和尺寸,其中其延伸以弹性支撑工件。

[0230] 相似地,在本实施方案中柔性支撑组件 1008 从其固定端 1012 沿一般为环形的路径(以如图 31 所示的顺时针方向)延伸,接触工件外侧排除区附近的工件 24 的器件侧 26,并且继续(逆时针)沿环形路径通过限定在工件平面板上表面中的孔 1024 重新进入工件平面板 1018。柔性支撑组件 1008 的可调端 1016 进入并且被固定在长度控制器 1026 中,其类似于长度控制器 1022。在本实施方案中,长度控制器 1026 可从其中安装有工件平面板 1018 的处理室外部远程控制,以使柔性支撑组件 1008 收缩足够长度来将柔性支撑组件 1008 完全移出限定在工件 24 平面上方的圆筒形空间,从而使工件 24 被降低至由第一柔性支撑装置 1002 支撑的位置,或被升回至热处理结束时的位置。为了热处理,长度控制器 1026 可以远程控制以延伸柔性支撑组件 1008 足够长度,以使柔性支撑组件 1008 的环形路径在外侧排除区接触工件的器件侧 26。

[0231] 通常,柔性支撑组件 1006 和 1008 的通常环形路径的有效直径取决于选择用于支撑组件的材料,并且取决于期望工件运动的范围。例如,对于某些应用,通常环形路径的有效直径可以为约 30mm-100mm,尽管可选择的是可以替换为其它有效直径。

[0232] 在本实施方案中,为了支撑进行热处理的工件 24,支撑系统 1000 包括多个与支撑装置 1002 相同的下支撑装置和多个与支撑装置 1004 相同的上支撑装置,其绕工件平面板 1018 的圆周以不同间隔配置。因而,系统 1000 包括第一和第二组伸长的柔性支撑组件。第一组柔性支撑组件的非约束部分与工件 24 的下表面接合,第二组柔性支撑组件的非约束部分与工件 24 的上表面接合。

[0233] 上支撑装置用来在本文所述的热循环期间增强工件 24 的稳定性并抑制工件 24 的

振动。例如,在本实施方案中,第一和第二支撑装置 1002 和 1004 协作以至少部分抑制工件 24 的第一和第二固有振动模式。

[0234] 可选择的是,对于某些应用,如果需要,可以省略支撑装置 1004 和其它类似的上支撑装置,让工件由支撑装置 1002 和其它下支撑装置支撑。

[0235] 参照图 32 和 33,根据本发明第十六实施方案的用来支撑工件的支撑系统一般地示于 1200。在本实施方案中,支撑系统 1200 包括设计用来横向支撑工件 24 的横向支撑组件。更具体地,在本实施方案中系统 1200 包括用来提供对工件 24 的弹性横向支撑的横向支撑装置 1202。在此,应该理解,在某些情况下本文所述热循环倾向于产生工件的非对称的热弯曲或振动运动,例如,由于响应闪光而非均匀加热工件的器件侧 26,或由于对例如前文所述的各种(垂直)支撑装置的不一致响应。该不对称运动可以包括工件 24 相对于例如示于 1204 的工件平面板的横向运动。在工件 24 为半导体晶圆的本实施方案中,如果该横向运动导致工件 24 与工件平板 1204(在本实施方案中为铝)之间的碰撞,则该碰撞的结果包括颗粒污染或对工件 24 的其它物理损坏。

[0236] 因此,为了避免这些碰撞,在本实施方案中横向支撑装置 1202 包括设计用来横向支撑工件 24 的横向支撑组件 1206。更具体而言,在本实施方案中支撑组件 1206 包括多个横向支撑组件,例如,如图 33 中 1208、1210 和 1212 所示的组件,其分别位于相对于工件 24 外缘的位置。在本实施方案中,每个横向支撑组件与工件外缘弹性接合。更具体而言,在本实施方案中每个横向支撑组件包括柔性纤维,在该实施方案中包括光纤。再具体而言,在本实施方案中,每个支撑组件包括石英纤维。作为选择,如结合前述实施方案所讨论的,可以替换为蓝宝石纤维、其他纤维、其他类型的柔性支撑组件,或者更一般地,其他类型的横向支撑组件。

[0237] 再参考图 32,在本实施方案中横向支撑组件 1206 与定位器 1214 相连,其在本实施方案中包括铝块。定位器 1214 与工件平板 1204 相连,并延伸得足够远以进入限定在工件平板中的工件支撑孔,从而将横向支撑组件 1206 定位于工件 24 的外缘附近。在本实施方案中,横向支撑组件 1206 和相似的支撑组件被定位于基本垂直于工件 24 的平面的角度,所述的支撑组件在本实施方案中包括柔性纤维,

[0238] 在横向支撑组件包括石英光纤的本实施方案中,通常与石英光纤一起售出的铝涂层或铝包层已经化学除去,因此,可能与工件 24 接触的至少部分横向支撑组件 1208、1210 和 1212 露出石英,从而无污染。在本实施方案中,在热处理过程中,工件接触绝大部分长度的石英纤维(除了在定位器 1214 中被固定的那部分长度),因此,在本实施方案中,铝涂层或包层已完全从纤维的整个长度范围内除去(如果需要,可以保留定位器 1214 中被固定的那部分长度上的铝包层)。作为选择,可以用通常不与任何该铝包层一起售出的其他材料如蓝宝石纤维来替代石英纤维。

[0239] 在类似于图 32 和 33 所示的示例性实施方案中,横向支撑组件和其他相似的横向支撑组件可具有例如约 20-40mm 的长度(除了固定在定位器 1214 中的部分),和 0.5-2mm 的直径。作为选择,对于给定应用可以替换为其他合适的尺寸。

[0240] 在本实施方案中,支撑系统 1200 包括多个类似于横向支撑装置 1202 的横向支撑装置,以各种间距定位于工件平板 1204 中工件支撑孔圆周的周围。例如,系统 1200 可以包括 4-20 个这样的横向支撑装置,但是作为选择,其他数量也可以。这种横向支撑装置可

被用来连接垂直支撑装置,例如在这里描述的任何其他支撑装置。

[0241] 作为选择,在另一示例性实施方案中,可提供一种有些类似于图 32 和 33 中所示的横向支撑系统,其中用一个或多个刚性支撑组件来替代横向支撑组件 1206。例如,用一个或多个刚性石英针来替代柔性支撑组件。该实施方案可足以包含工件的横向运动,然而,该实施方案也可能在工件与刚性支撑组件相撞时,由于工件相对于刚性支撑组件的横向动量而导致工件 24 的损坏或断裂。

[0242] 如果需要,除了提供分离的横向和垂直支撑装置之外,还可以由单一支撑装置来提供该横向和垂直支撑。例如,参照图 21、22 和 34,根据本发明的第十七个实施方案的用于支撑工件的支撑系统一般如图 34 中 1300 所示。在本实施方案中,支撑系统 1300 包括可充当垂直支撑组件和横向支撑组件的支撑组件,该支撑组件包括与工件 24 的下表面接合的活动垂直支撑接合部分和与工件外缘接合的横向支撑接合部分。更具体而言,在本实施方案中,支撑组件包括支撑装置 1302,其为图 22 中所示支撑装置 702 的改进形式。在本实施方案中,支撑装置 1302 的活动垂直支撑接合部分包括柔性支撑组件 712,柔性支撑组件 712 包括包层 714 和套管 718,在套管 718 中,柔性支撑组件被固定到工件平面板 710 上。支撑装置 1302 的横向支撑接合部分包括第二柔性支撑组件 1304。在本实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 类似于第一柔性支撑组件 712,并因此还包括石英光纤,但是作为选择,如前所述,如果需要,也可替换为其他类型的纤维,或者更一般而言,其他类型的柔性支撑组件。在本实施方案中垂直和横向支撑接合部分由于其柔性而与工件弹性接合。

[0243] 在本实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 具有比第一柔性支撑组件 712 更小的直径。更具体而言,在本实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 具有约 0.5mm 的直径,而第一柔性支撑组件 712 具有约 4mm 的直径。然而,作为选择,其他合适的尺寸可以根据需要进行替代。

[0244] 在本实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 包括外包层 1306,其在本实施方案中是随石英光纤一起市售的铝涂层。在本实施方案中,为避免工件污染,第二柔性支撑组件 1304 上至少部分可能会与工件 24 接触的铝涂层已被化学除去。在本实施方案和类似的实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 在外包层 1306 内的延伸长度达 10-20mm,在包层之外再延伸无包覆层 20-40mm 长,但是作为选择,其他合适的长度可以根据需要进行替代。

[0245] 在本实施方案中,第二柔性支撑组件 1304 通过轴环 1308 被固定在第一柔性支撑组件 712 上。轴环 1308 可以包括例如不锈钢或钛,但是作为选择,其他合适的材料可以进行替代。

[0246] 然而,作为选择,第二柔性支撑组件 1304 可以任何其他合适的方式连接到支撑装置 1302 的剩余部分。

[0247] 如果需要,支撑装置 1302 可以包括伸缩器 1310,其连接到部分第二柔性支撑组件 1304,以向工件平面板 710 伸缩第二柔性支撑组件 1304,从而允许工件 24 插入或除取出。作为选择,第二柔性支撑组件 1304 可进行预加热或预弯曲,使其朝工件平面板 710 回复,以避免需要该伸缩器。或者,作为另一选择,如果需要,该预加热和预弯曲可在给定的实施方案中与伸缩器结合使用。

[0248] 在本实施方案中,如图 21 所示的实施方案,支撑系统 1300 包括多个类似于图 34 所示支撑装置 1302 的支撑装置,以各种间距排布在工件平面板 710 中内部工件支撑孔的周

围。因此,系统 1300 包括多个支撑组件,该支撑组件包括多个与工件接合的垂直和横向支撑接合部分。

[0249] 参照图 35,作为横向和垂直支撑结合装置的另一实施方案,根据本发明第十八个实施方案的用于支撑工件的支撑系统通常如 1400 所示。在本实施方案中,支撑系统 1400 包括支撑装置 1402。在本实施方案中,支撑装置 1402 包括柔性支撑组件 1404,其在本实施方案中包括石英光纤。作为选择,如前述实施方案中所讨论的,可以替代为其他类型的纤维,或者更一般而言,其他类型的柔性支撑组件。

[0250] 在本实施方案中,柔性支撑组件 1404 包括被间隔开的第一和第二约束部分,非约束部分在其间沿弯曲路径延伸。更具体而言,在本实施方案中,第一和第二约束部分包括固定端 1406 和可调端 1408。工件平面板 1410 充当约束第一约束部分即固定端 1406 的第一约束器,所述固定端 1406 在本实施方案中附着在工件 24 邻近的工件平面板 1410 上,正好位于工件 24 平面下方。

[0251] 在本实施方案中,支撑组件 1404 的非约束部分沿约束部分之间的弯曲路径延伸,以形成第一通常环形路径段 1412,其从工件 24 平面以下的第一约束部分延伸并在工件下表面接触工件;第二通常环形路径段 1414,其在工件 24 的外缘与工件平面板 1410 的内边缘之间延伸;和第三通常环形路径段 1416,其在工件平面上方延伸并在工件上表面接触工件,弯曲路径终止于第二约束部分。更具体而言,在本实施方案中,柔性支撑组件 1404 从其固定端 1406 沿工件平面下方的第一通常环形路径段 1412(如图 35 所示沿顺时针方向)向前延伸,接触并支撑工件外侧排除区附近的工件 24 的衬底侧 28。然后,柔性支撑组件 1404 继续延伸(顺时针方向)经过限定在工件 24 外缘和工件平面板 1410 的最内侧部分之间的第二通常环形路径段 1414。然后,柔性支撑组件 1404 继续延伸(顺时针方向)经过在工件平面的上方延伸的第三通常环形路径段 1416,其通过限定在工件平面板上表面中的孔 1422 重新进入工件平面板。柔性支撑组件 1404 的可调端 1408 进入并被固定在第二约束器中,在本实施方案中包括长度控制器 1424,类似于图 31 所示的长度控制器 1022 和 1026。因此,柔性支撑组件 1404,由于其构造,并且尤其是由于通常环形路径段 1412、1414 和 1416,而同时提供对工件 24 的垂直和横向弹性支撑。另外,柔性支撑组件 1404 的构造还部分抑制了工件 24 的第一和第二固有振动模式。

[0252] 在本实施方案中,第二约束器或者更具体的长度控制器 1424 作为设计用来伸缩第二约束部分的伸缩器,以将第三通常环形路径段 1416 移出限定在工件上表面上方的空间。在此,长度控制器 1424 可从工件平面板 1410 所在的处理室外侧远程控制,以伸长或缩短柔性支撑组件 1404 的有效长度,从而改变环形路径的形状和尺寸,使它在其中延伸以弹性支撑工件。具体地,对于某些应用来说,需要能够足以伸缩柔性支撑组件 1404,从而将第三环形路径段完全从工件 24 平面上方空间牵引出去,以使工件可被插入进行热处理,或当热处理完成时被移除。

[0253] 在本实施方案中,支撑系统 1400 包括多个与支撑装置 1402 相同的支撑装置,以不同间距配置于限定在工件平面板 1410 中的工件支撑孔圆周的周围。例如,在类似于图 35 所示的示例性实施方案中,支撑系统可包括 4-20 个这样的支撑装置,该装置的柔性支撑组件的直径范围可在 0.5-2mm 之间,长度可在 50-300mm 之间。作为选择,支撑装置的其他数量和柔性支撑组件的其他尺寸可以根据需要进行替代。

[0254] 如果需要,由柔性支撑组件 1404 所限定的第二通常环形路径段 1414 可连在空间平板 1410 上,以增加稳定性。作为选择,这种固定可以根据需要而省略。

[0255] 参照图 4 和 36,根据本发明的第十九个实施方案的热处理室一般地如图 36 中 1500 所示。处理室 1500 类似于图 4 所示的处理室 60,但被改装为包括额外的石英窗 1510,其安装在与工件 24 的器件侧 26 的上方并与之邻接。更具体而言,在本实施方案中,窗体 1510 安装在工件 24 平面上方大约 1cm 处,但是作为选择可以安装在与工件相距的其他距离处,本实施方案中优选 1-10cm 的距离。优选冷却窗体 1510,在本实施方案中是气冷,但是作为选择可以利用水或其他液体进行冷却,这取决于窗体需要传送用于加热或测试目的的波长。当工件 24 经受由如上所述的快速加热而引发的热弯曲时,工件 24 与窗体 1510 之间处理气体的压力对工件的垂直运动造成阻力。因此,与前文所述支撑组件中的活动接合部分相结合,工件 24 与窗体 1510 之间的额外气压可用于阻止工件 24 的垂直运动,从而易于使工件重心的运动最小化。作为间接优点,在闪光之前的预热阶段将工件加热到中间温度,窗体 1510 还倾向于降低工件器件侧的传热损失,从而提高温度均匀性。

[0256] 作为选择,在没有窗体 1510 的情况下,可以通过将现有窗体 65 移动到接近于工件 24 器件侧 26 的位置而得到相似的效果。

[0257] 如果需要,多个支撑组件的多个活动接合部分可以包括多个相应支撑针脚的表面光滑的多个尖端。

[0258] 例如,参照图 37,根据本发明的第二十个实施方案的支撑装置一般地如 1600 所示。在本实施方案中,支撑装置 1600 包括具有表面光滑的尖端 1610 的支撑组件 1608。更具体而言,在本实施方案中,表面光滑的尖端 1610 是球形的或半球形的,但是作为选择,其他光滑表面可以进行替代。这种表面光滑的尖端易于减少对工件 24 的摩擦和刮擦。在此,支撑组件和工件下表面的刮擦可能导致不希望的颗粒污染,还可能不合要求地使工件的下表面变得粗糙。摩擦力的最小化不仅有利于降低由点负荷引起的应力,以降低或阻止局部应力和支撑组件和工件之间的接触点附近的刮擦,而且有利于降低工件在本文所述热处理期间所承受的总应力。

[0259] 在本实施方案中,支撑组件 1608 是用石英制成的,或者更具体而言,是用石英光纤制成的,其类似于如上所述本发明的其他实施方案中的石英光纤。再更具体而言,在本实施方案中,支撑组件 1608 的表面光滑的尖端 1610 利用激光熔融支撑组件的尖端而形成,从而在尖端冷却的时候形成球形顶端。

[0260] 已发现,该方法与传统的切削和抛光方法相比能够得到更光滑的表面。

[0261] 参照图 16 和 37,在纤维被包覆的实施方案中,如图 16 所示的每个柔性支撑组件 602 的非约束部分 606 的铝包层,例如,优选在激光熔融形成表面光滑的尖端 1610 之前从尖端除去铝包层。例如,可以在表面光滑的尖端形成之前,化学除去距离尖端 2mm 长度内的包层。

[0262] 作为选择,支撑组件 1608 可以用其他材料制成,例如蓝宝石或如前所述的任何材料。

[0263] 或者,作为另一选择,支撑组件 1608 可以包括金属。例如,支撑组件 1608 可以包括包含钨的支撑针脚,并且至少支撑针脚的尖端可具有外涂层,以减少摩擦和刮蹭。外涂层可以包括例如氮化钨或碳化钨,但是其他类型的涂层可以进行替代。或者,作为又一选择,该

涂层可以省略。为了在没有涂层的情况下得到所需的表面光滑的尖端 1610, 支撑组件 1608 的顶端可以上述结合石英支撑组件相似的方式通过激光熔融而形成球形。作为选择, 获得所需的表面光滑的尖端 1610 的其他方法可以进行替代。

[0264] 该表面光滑的支撑组件 1608 可以用于或者替代本发明其他实施方案中的支撑针脚或其他支撑组件。

[0265] 参照图 20 和 38, 根据本发明第二十个实施方案的支撑装置一般地如图 38 中 1700 所示。支撑装置 1700 与图 20 中所示的支撑装置相似。然而, 在本实施方案中, 改进的支撑组件 1702 不与工件 24 在其外侧排除区接合, 而是在更向内的区域与工件接合, 即: 与排除区相比, 在离工件中心的径向距离更小处。在本实施方案中, 工件由多个相似的支撑组件支撑, 这些支撑组件的活动接合部分以不同的间隔角、在与工件中心相同的径向距离处与工件下表面接合。

[0266] 在此, 支撑组件的活动接合部分与工件的接合位置可以变化, 这取决于所考虑的特定应用、所考虑的支撑组件的可得弹性或柔性, 以及在最小化晶圆的垂直抛起与抑制工件由于闪光所导致的更高次 (higher-order) 振动模式之间所期望达到的平衡。例如, 在一些实施方案中, 支撑针脚可以位于距晶圆中心的平衡径向距离处, 从而使热弯曲在平衡径向距离之外的晶圆的外侧部分产生向下的动量, 这倾向于平衡晶圆中心区域的向上的动量, 使得晶圆不能从支撑针脚处自抛起。作为示例, 在一个实施方案中, 工件包括半径为 150mm 的硅半导体晶圆, 并具有频率约 113Hz (模式 1)、476Hz (模式 2) 和 1007Hz (模式 3) 的轴对称固有振动模式, 将支撑组件的活动接合部分的接合设定径向距离 r 设定为约 104mm, 以使工件向上自抛起的趋势最小化。然而, 这种布局也倾向于激发晶圆的第二固有振动模式, 这易于造成工件的损坏, 或者甚至是碎裂, 这取决于器件侧温度突变的数量和速度。因此, 尽管该构造可能对于其中活动接合部分足够“柔软”(即: 提供足够小的阻力并具有足够大的运动范围) 而减少第二固有振动模式的激发的一些应用来说是可接受的, 但是该构造可能对于其中活动接合部分不够“柔软”的实施方案来说是所不期望的。比较而言, 将可移动接合部分定位于外侧排除区通常倾向于使得较高次振动模式较少受到激发, 但是也会导致工件外侧排除区和支撑组件的活动接合部分向下的初始运动更大, 这倾向于增加施加在工件和支撑组件之间的力, 并可导致工件重心的垂直运动更大。对于许多应用来说, 支撑组件的接合部分与工件在某径向距离处接合是可接受的, 所述某径向距离处是指最小化垂直抛起的平衡距离与外侧排除区之间的某个位置。

[0267] 在本实施方案中, 改进的支撑组件 1702 由透明材料形成, 以最小化工件的遮蔽效应。更具体而言, 在本实施方案中, 透明材料是石英。作为选择, 其他材料也可以替代。在本实施方案中, 改进的支撑组件 1702 在尺寸上也得以减小, 以进一步减少任何残留的遮蔽效应, 并且也减小其质量。

[0268] 尽管热“弯曲”和相关的振荡或振动是结合本发明上述实施方案所描述的热致运动的主要来源, 作为选择, 本发明的其他实施方案可用来阐明其他类型的热致运动。例如, 热致运动可以包括热挠曲 (thermal bending), 支撑系统可被设计用来在允许工件热挠曲的同时支撑工件。

[0269] 在此, 最近有人提出热处理方法包括利用机械夹具、静电或真空卡盘或者其他等效抓握装置将衬底牢固支撑在台架上。使用具有光学聚焦的连续电磁波辐射源在衬底的上

表面产生辐射线 (line of radiation)。然后利用平移机械装置将台架和辐射源彼此相对移动,以使得该辐射线扫描过衬底的上表面。然而,使用机械夹具或其他抓握装置将衬底牢固支撑在台架上阻止了衬底的热致挠曲。不使用夹具时,衬底倾向于沿辐射线热弯曲以最小化其内应力。通过阻止衬底弯曲,使用这种夹具或抓握装置导致衬底热应力增加,从而增加衬底损坏或断裂的可能性。

[0270] 因此,根据本发明的另一个实施方案,可用包括可移动以允许工件热致运动的活动接合部分的支撑组件,例如在本发明的其他实施方案中所描述的支撑组件来替代先前为该特殊热处理方法提出的机械夹具或其他抓握装置。

[0271] 例如,再参照图 13 和 14,可提供诸如图 13 所示的支撑装置 402 的支撑装置来让工件热致弯曲,从而减小工件被辐射线有效扫描时产生的内应力。如果需要,为了使工件未加热部分在被该辐射线加热之前保持为平面状态,可以重新编程控制器 420,以使支撑组件 404 和抑制组件 414 保持在固定位置,直至辐射线经过支撑组件 404 和抑制组件 414 与工件 24 接合的位置之后,并在其后允许工件 24 的热致弯曲。因此,工件 24 上尚未被加热的较“冷”部分保持为平面状态,以备后续的辐射线加热,同时,工件 24 的应力通过允许工件已加热部分的热致运动而被最小化。然而,作为选择,值得推荐的是,尽管希望工件未加热部分在被该辐射线加热之前保持为平面状态(为了保持辐射源与工件被辐射线加热部分之间的恒定角度和距离),但是对于某些应用来说这也可以省略掉,这种情况下控制器 420 的重新编程可被省略。更一般而言,其他类型的支撑组件的其他活动接合部分可以进行替代。

[0272] 作为选择,其他类型的支撑组件的其他类型活动接合部分可以进行替代。

[0273] 值得推荐的是,在前面的实施方案中,各种支撑系统被设计用来从工件中吸收动能。例如,在上述柔性支撑组件的实施方案中,当工件的外侧区域最初在热弯曲期间向下运动,从而推动支撑组件的接合部分向下并因此使支撑组件弯曲时,至少一些工件动能由支撑组件至少暂时吸收,并作为势能储存于其中。

[0274] 再来参照图 4,也可以使用根据本发明其它实施方案的工件热处理方法,优选(但不是必须)与本文公开的本发明其他实施方案结合使用。该方法包括辐射工件表面并持续一段时间,持续时间少于工件的热传导时间,但足以允许工件至少有些热弯曲,从而将表面加热到高于大部分工件温度的所需温度。更具体而言,在本实施方案中,本方法包括在第一时间段辐射工件表面,该段时间少于工件的热传导时间,以将表面加热到所需温度。第二时间段在足以允许工件至少有些热弯曲的第一时间段之后间隔一定时间开始。

[0275] 再具体而言,在本实施方案中,在第一和第二时间段中,使用加热装置 64 辐射工件 24 器件侧 26 的表面,所述加热装置 64 在本实施方案中包括闪光灯。在本实施方案中,工件 24 的热传导时间约为 10-15ms,第一时间段约为 1ms,第二时间段也约为 1ms。在第一时间段之后的时间间隔(在第二时间段开始之前)约为几毫秒。

[0276] 还是在本实施方案中,辐射系统或者更具体的包括闪光灯的加热装置 64 被设计用来在第二时间段对工件表面施加比第一时间段更多的辐射能,还被设计用来在第一时间段结束之后的几毫秒内启动第二时间段。因此,例如,加热装置 64 可以在 1 毫秒的第一时间段辐射工件器件侧 26 并向器件侧传送约 $10\text{J}/\text{cm}^2$ 的能量,然后在接下来的几毫秒间隔内不向器件侧传送能量,再然后在 1 毫秒的第二时间段辐射器件侧并向器件侧传送约 $20\text{J}/\text{cm}^2$ 的能量。

[0277] 在本实施方案中,在使用加热装置 64 辐射器件侧 26 之前,利用预加热装置 62 对工件 24 进行预加热,即通过辐射衬底侧 28 将工件 24 预加热到中间温度。该预加热速率小于工件的热传导速率,例如 $100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ – $400^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。一旦达到中间温度,就开始第一时间段,此时器件侧 26 首先被加热装置 64 辐射。

[0278] 如前所述,这些方法可用于减小热应力并抑制工件振动。在本实施方案中,在持续时间约为一毫秒的利用加热装置 64 辐射器件侧 26 的第一时间段之后,器件侧 26 几乎是在闪光结束的同时 ($t = 1\text{ms}$) 达到第一峰值温度。此时,工件 24 才开始热弯曲,并因此仅达到其最大热弯幅度的较小百分比。最大热弯幅度在几毫秒后达到,此时工件已经超越其平衡形状。约 1ms 之后,工件 24 仍然显著弯曲,但是以较大的回复速度向其平面位置回复。加热装置 64 使工件 24 的器件侧 26 在持续时间约为 1ms 的第二时间段承受第二次快速辐射。选择第一和第二时间段之间(即:第一和第二快速加热之间)的间隔时间,以使得在工件已经由于第一闪光而热弯曲并向其平面位置回复的过程中,发生由第二辐射闪光而导致的热弯曲。第二闪光导致的热弯曲在工件中所产生的应力减小,这是因为晶圆已经由于第一闪光而热弯曲。第二闪光导致的热弯曲与工件企图回复到其平面位置时的回复速度方向相反。因此,第二闪光导致的热弯曲倾向于抑制来自于第一闪光的残余振动。两个闪光加热阶段的紧邻结合允许达到更高的器件侧峰值温度,并同时抑制工件中的残余振动。

[0279] 作为选择,其他辐射功率和持续时间可以进行替代。

[0280] 例如,除了利用一系列由两个或多个时间间隔开的辐射闪光对器件侧 26 进行辐射,还可以将辐射系统设计为对工件的器件侧表面进行一定间隔时间的连续辐射,该间隔时间少于工件的热传导时间,并足够长以使得工件至少有些热弯曲。更具体而言,可以利用加热装置 64 使器件侧 26 暴露于连续的辐射脉冲中,持续时间少于 10–15ms 的工件热传导时间,但足够长以允许工件至少有些热弯曲。该脉冲可以延续若干毫秒,例如约 6 毫秒。如果需要,该辐射系统可以被设计用来改变间隔期间内的辐射强度。例如,这可以包括在间隔时间段后期利用比间隔时间段前期更大的强度对表面进行辐射。因此,可以设计脉冲使其在脉冲持续时间的后半部分向工件表面传送比脉冲持续时间的上半部分更多的能量。

[0281] 其他可选择方案

[0282] 虽然以上已经描述了许多具体实施方案和可选择方案,但是作为选择,可以提供本文所公开的各方面和特征的其他组合。例如,尽管已经主要结合被动机械支撑系统描述了柔性支撑组件,如石英光纤的应用,但是作为选择,也可以提供结合主动支撑系统的该柔性支撑组件,例如图 6–14 所示。在这种情况下,多个支撑组件可包括多个柔性支撑组件,每个柔性支撑组件具有约束部分和非约束部分,例如上面结合图 16 所述的那样,活动接合部分可包括非约束部分。在这种情况下,例如上面结合图 6 所述的可包括与多个约束部分相连的多个传动装置的支撑组件运动系统,可被设计用来使支撑组件的约束部分运动。从说明书可以看出,本说明书所公开的特征的这些或其他组合对于本领域普通技术人员而言都是显而易见的,并且不认为会超出本发明的范围。

[0283] 在一些实施方案中,应该理解某些柔性支撑组件可能在工件 24 上造成部分遮蔽。这可能导致工件在这些遮蔽附近的非均匀加热。如果需要,为了减轻或者缓解这一难题,可以采用光纤作为柔性支撑组件,以将一个或多个辐射源(未示出)的多余辐射通过纤维本身传送到工件,从而进一步辐射这些遮蔽附近的工件,因而减少工件上易发生的辐射场不

均匀现象。

[0284] 更一般而言,尽管对本发明的具体实施方案进行了描述和说明,应该认为,这些实施方案仅仅是为了说明本发明,而不是如根据所附权利要求书的解释那样限制本发明。

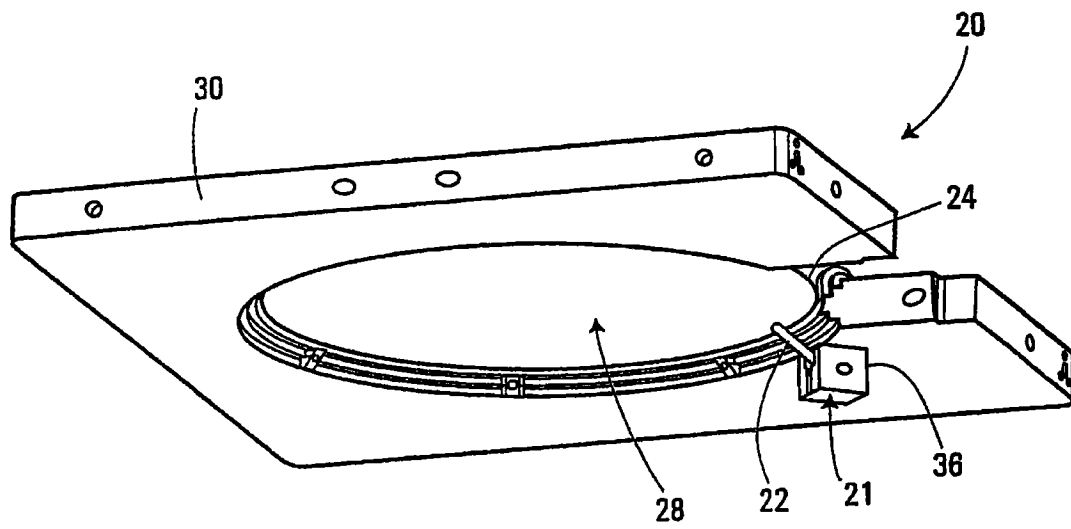


图 1

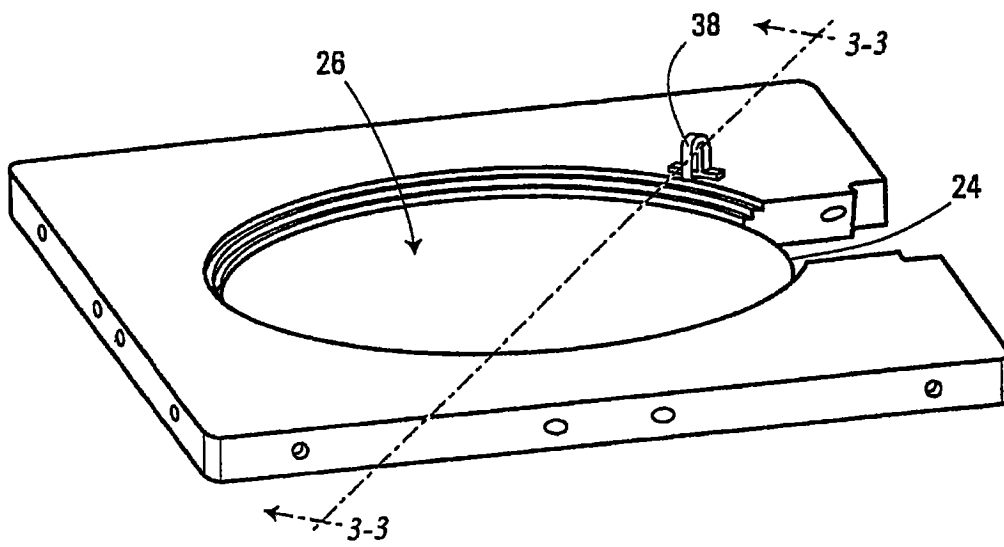


图 2

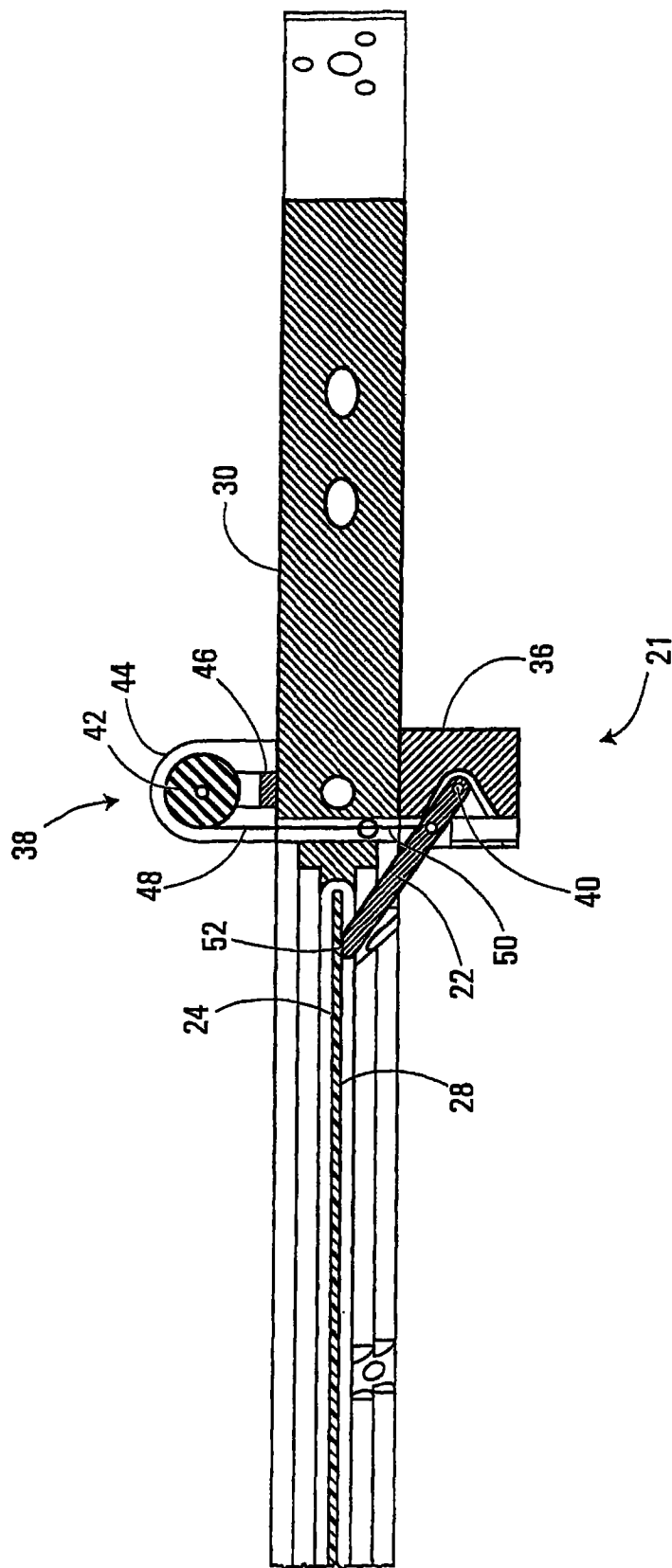


图3

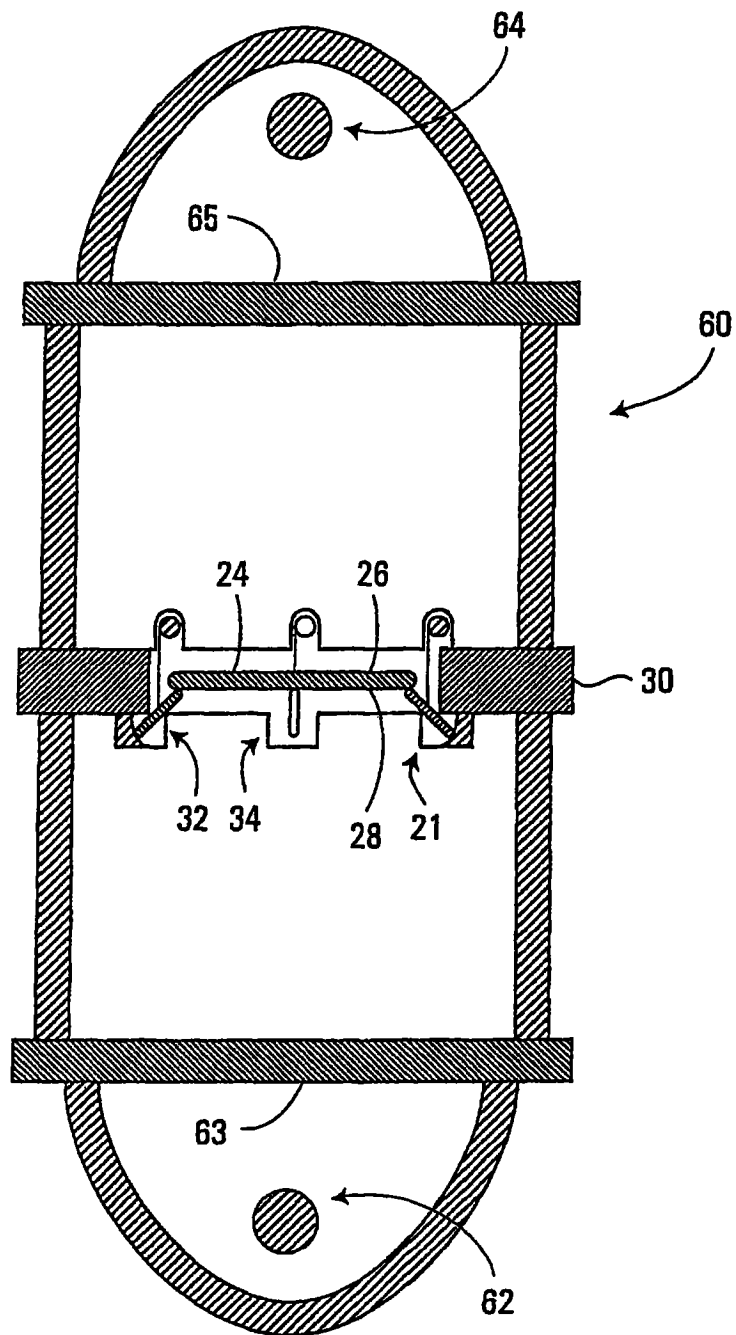


图 4

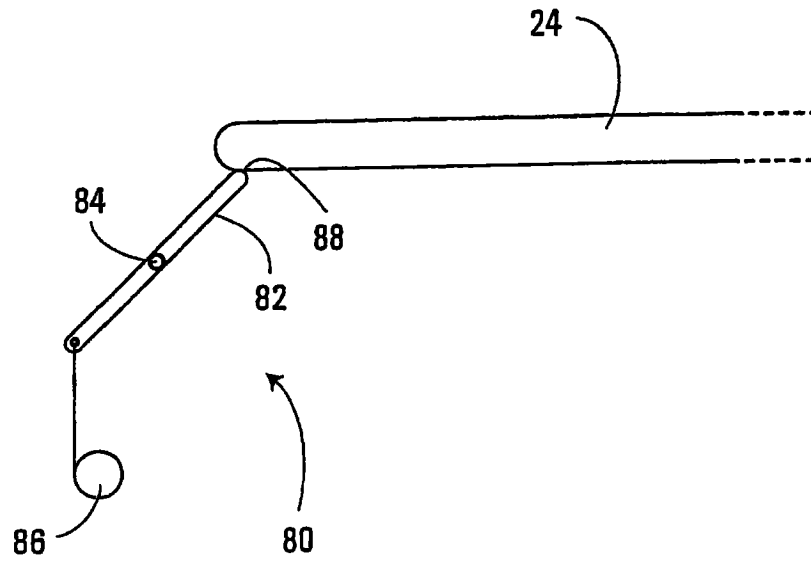


图 5

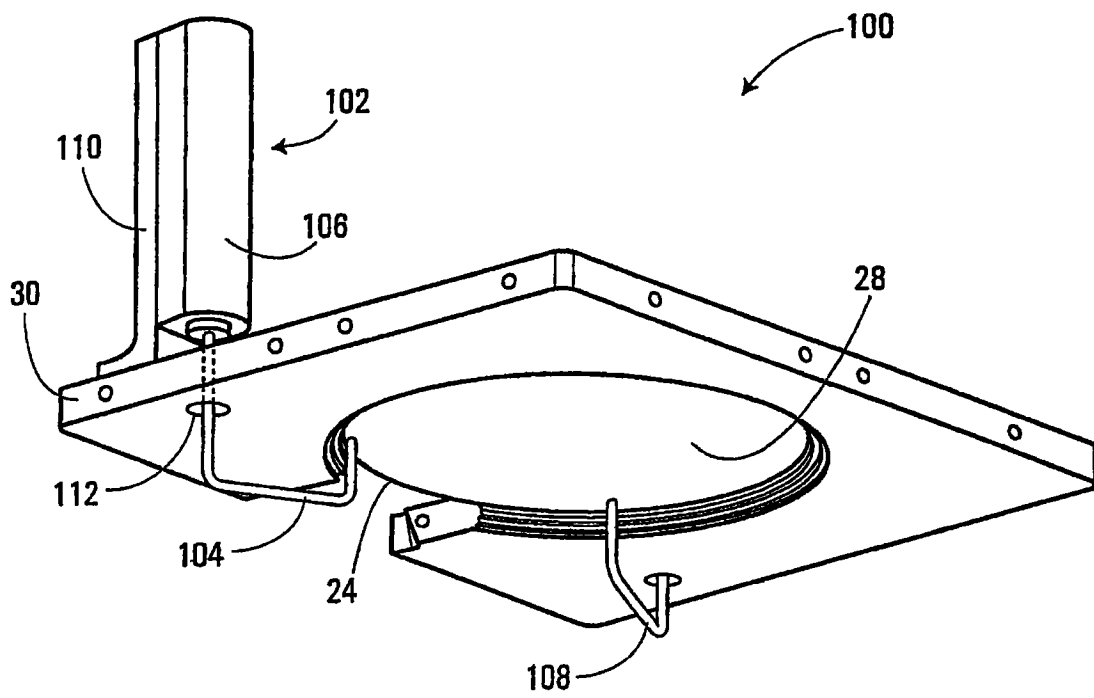


图 6

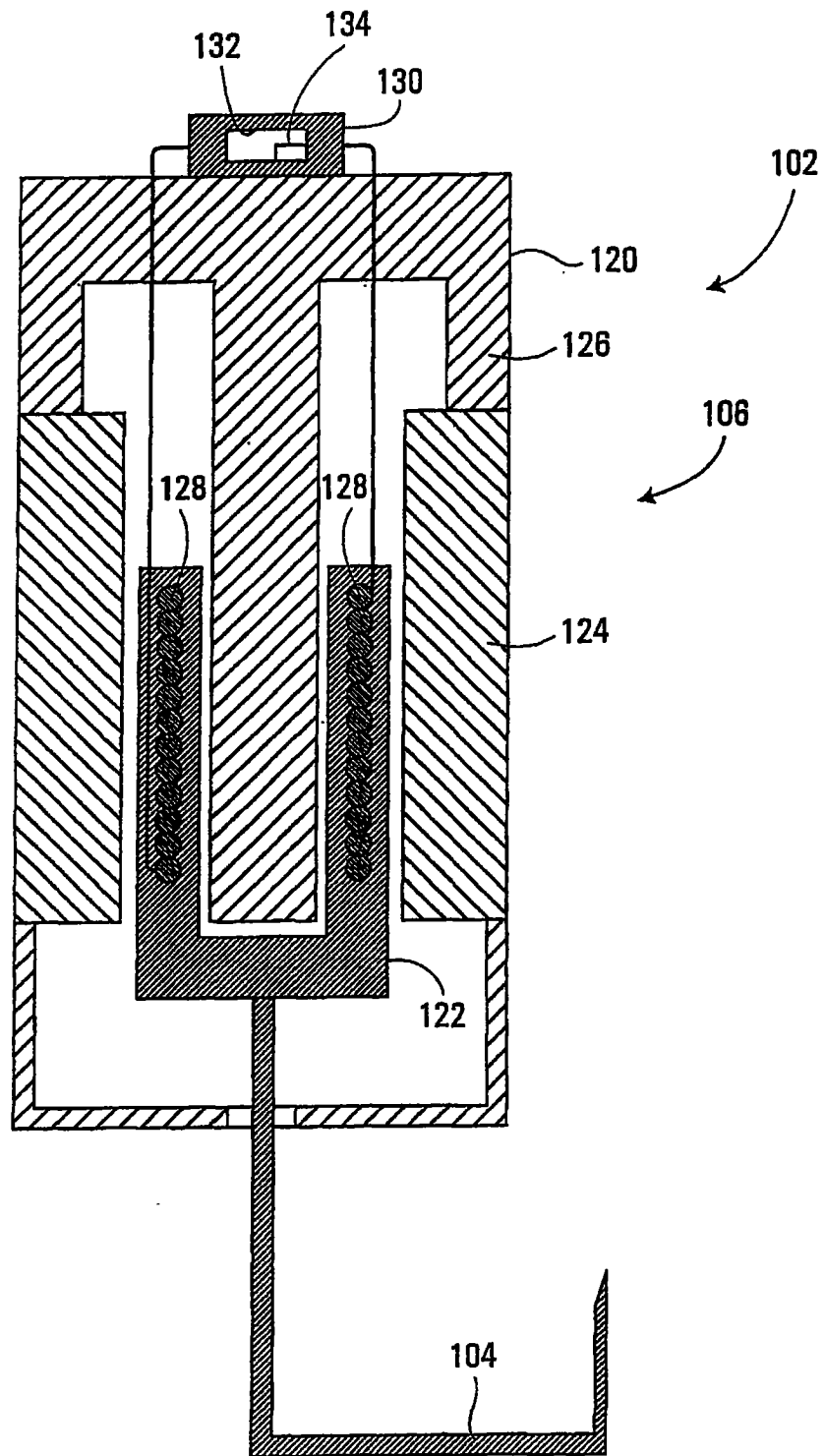


图 7

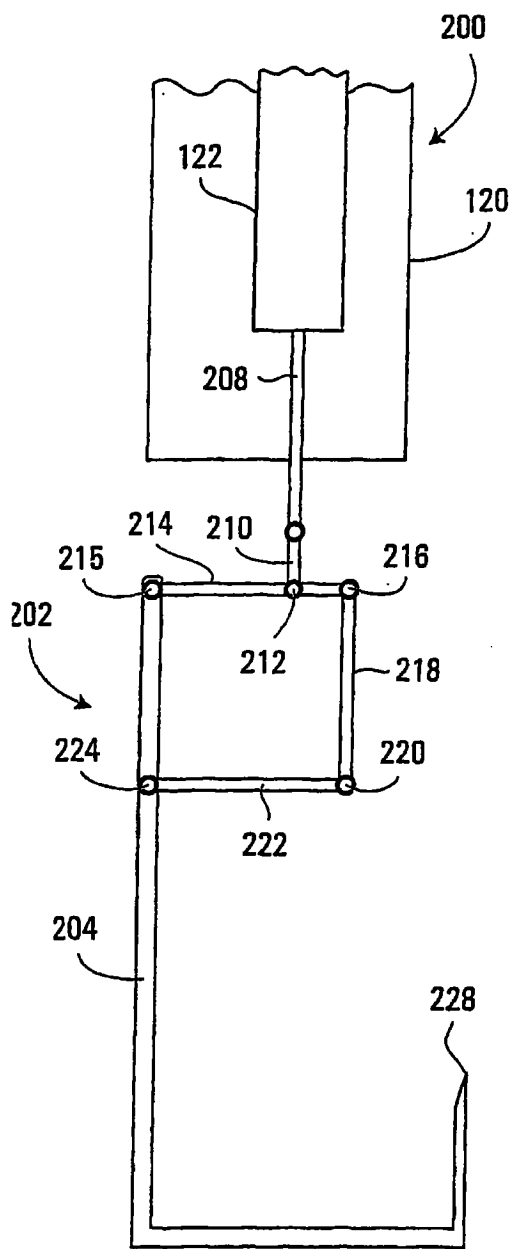


图 8

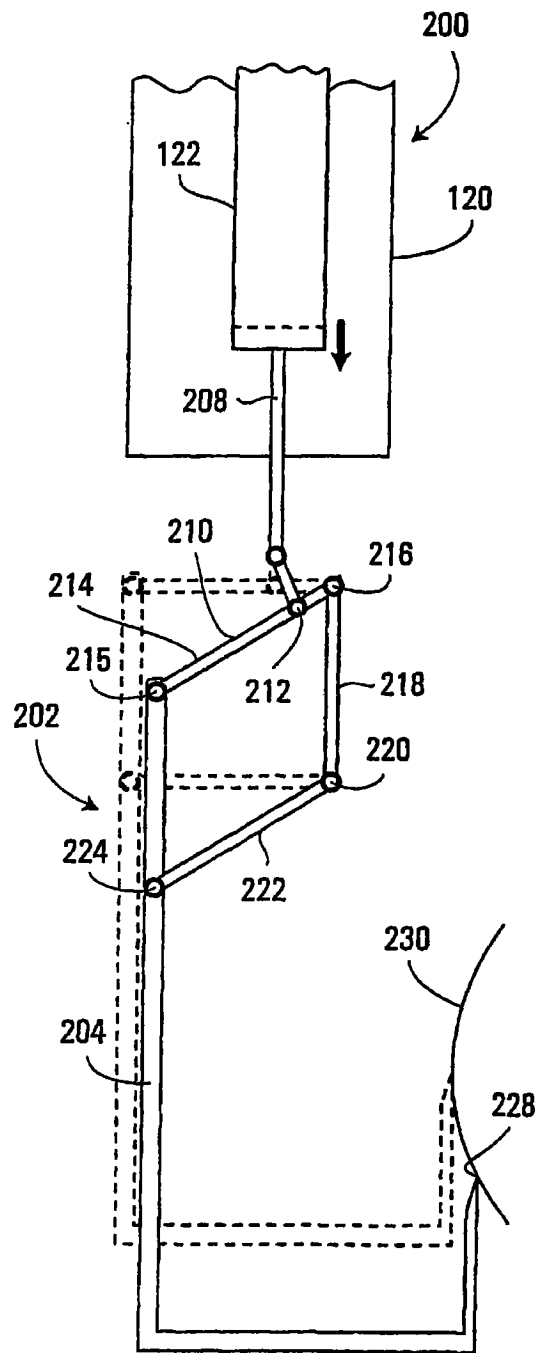
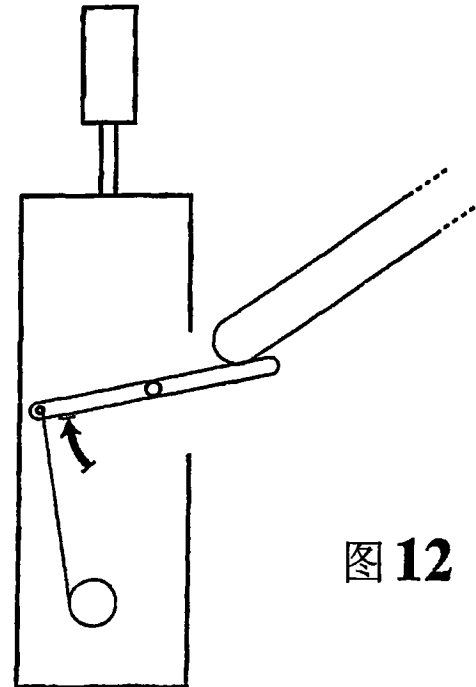
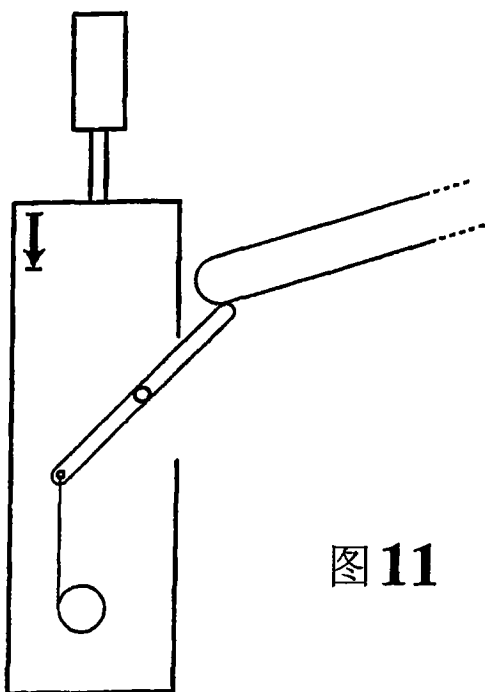
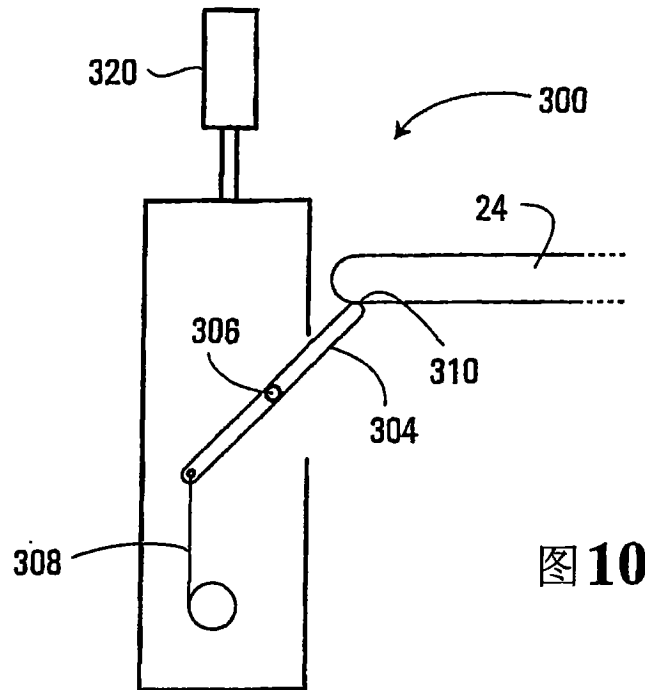


图 9



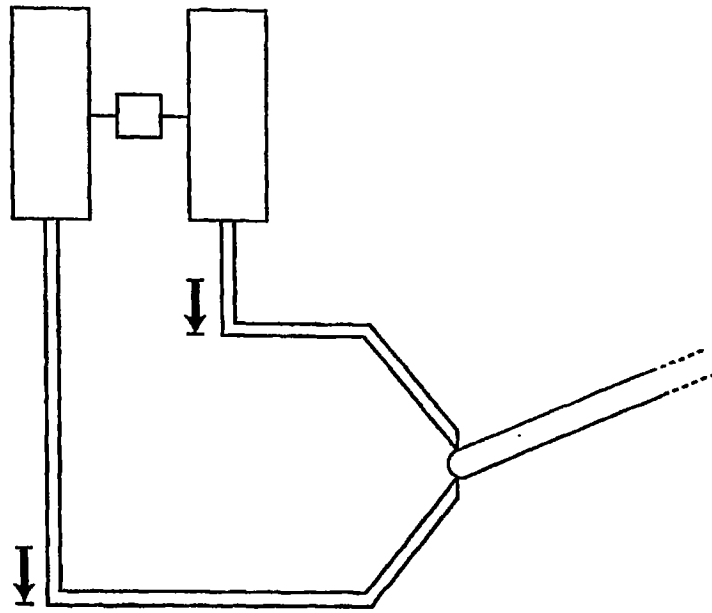
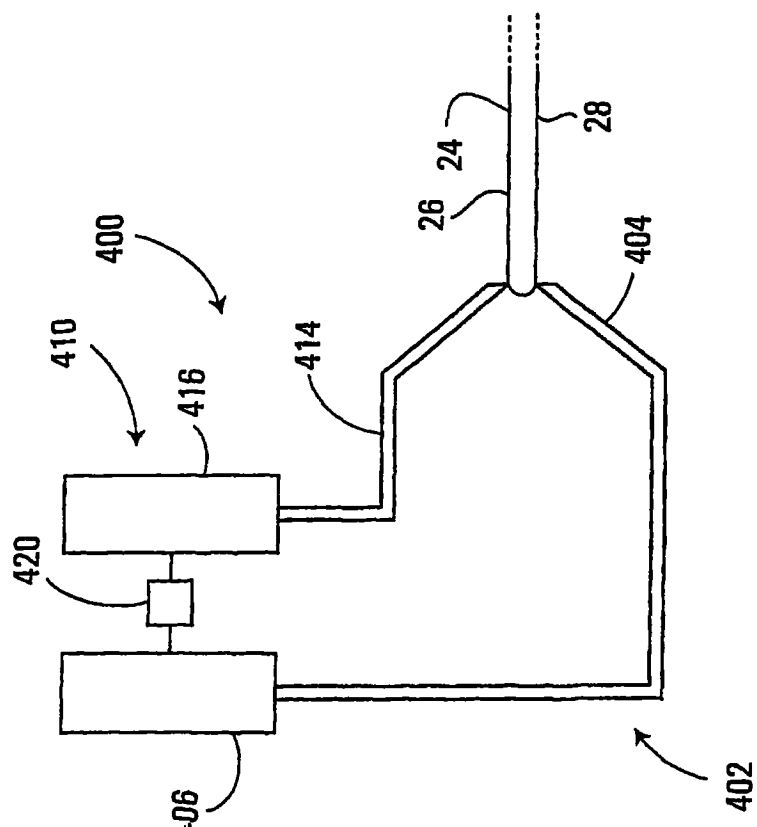
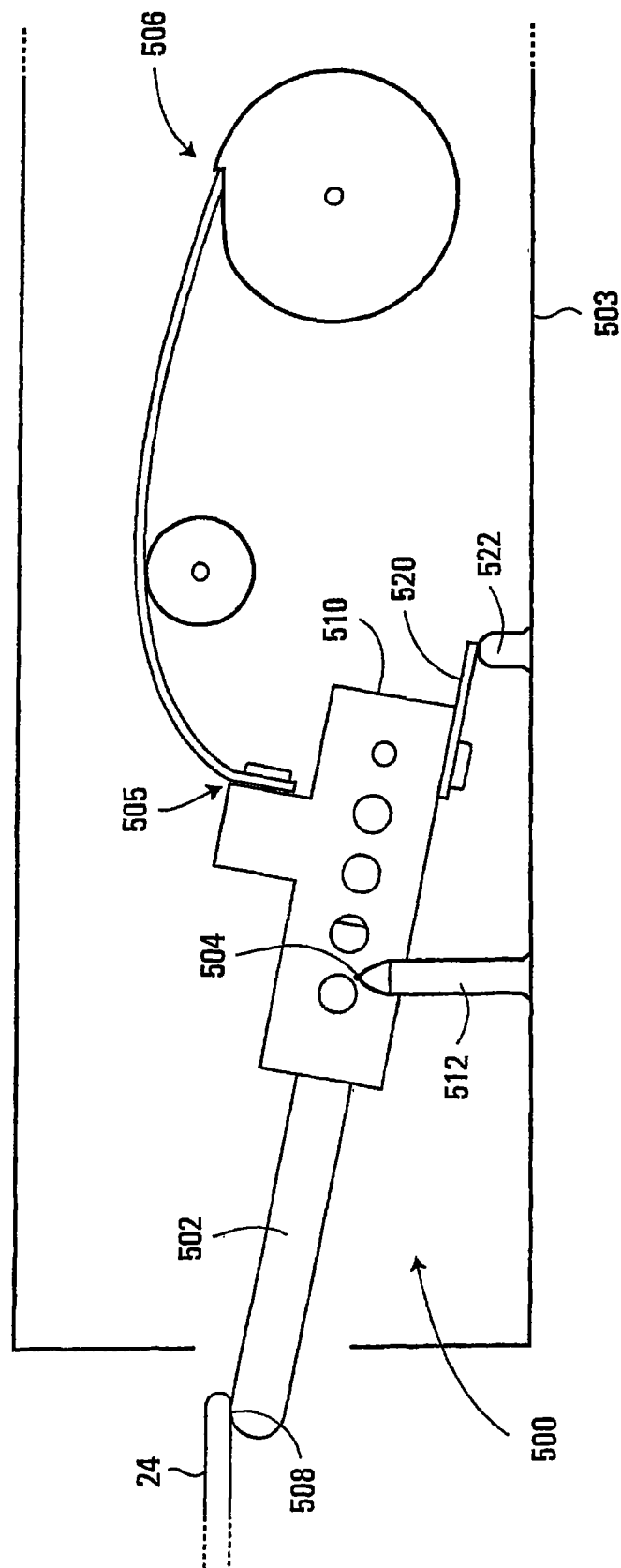


图14



13



15

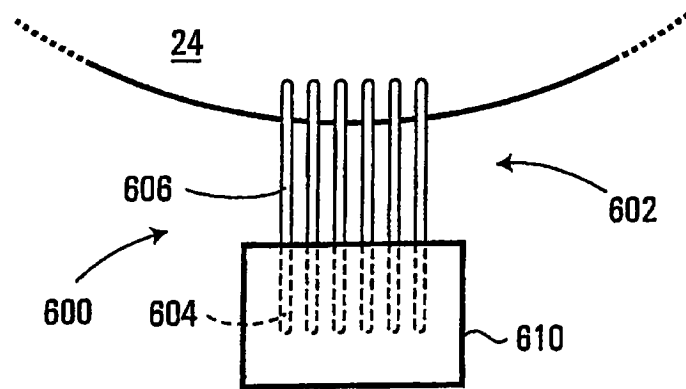


图 16

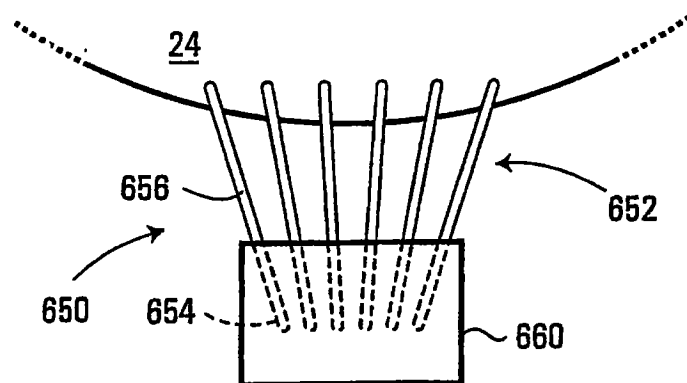


图 17

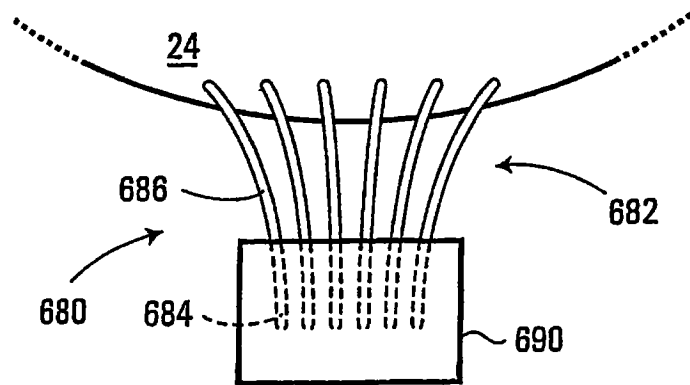


图 18

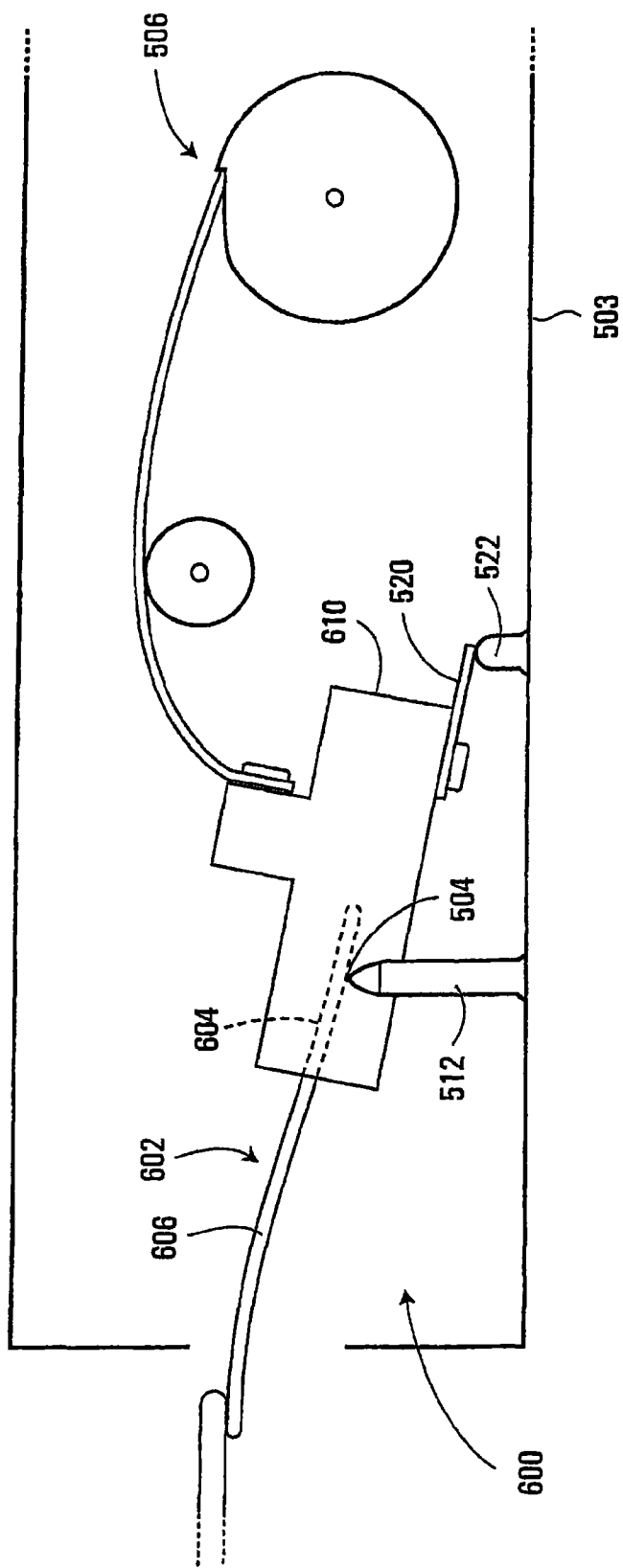


图19

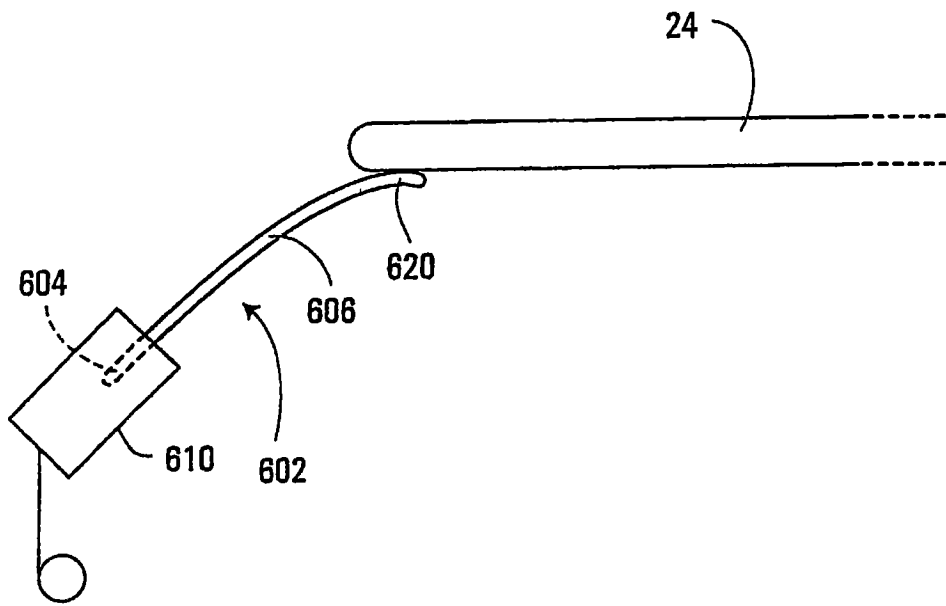


图 20

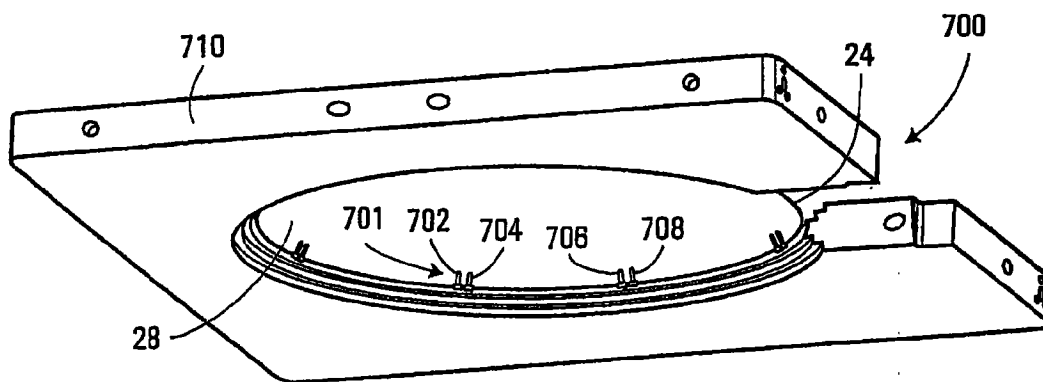


图 21

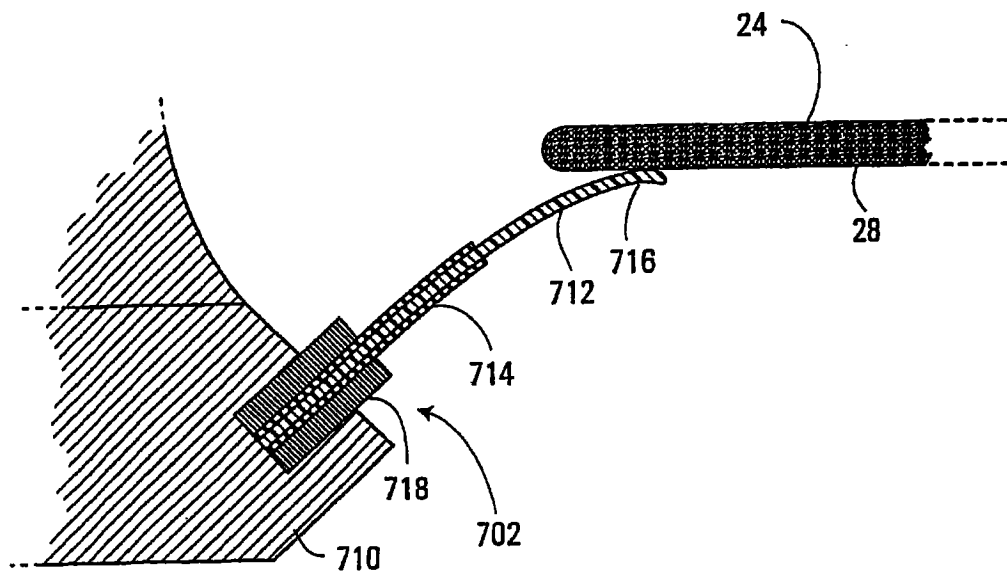


图 22

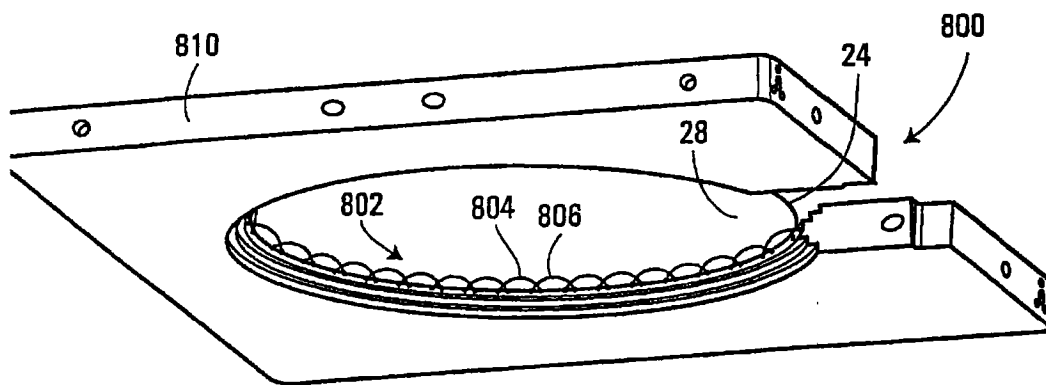


图 23

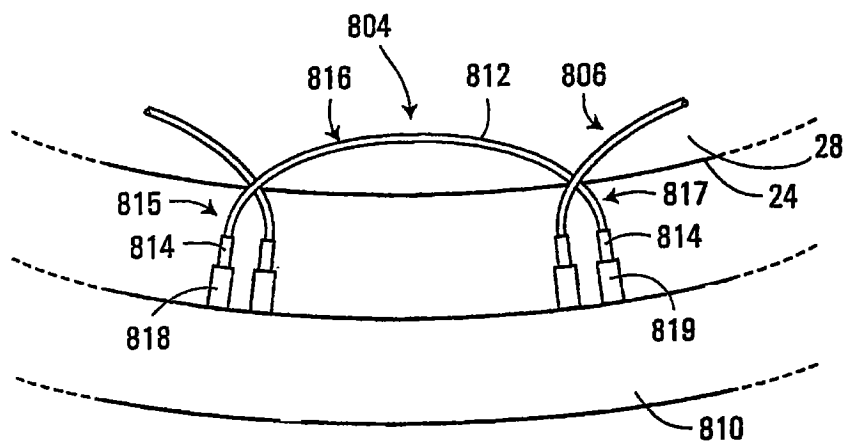


图 24

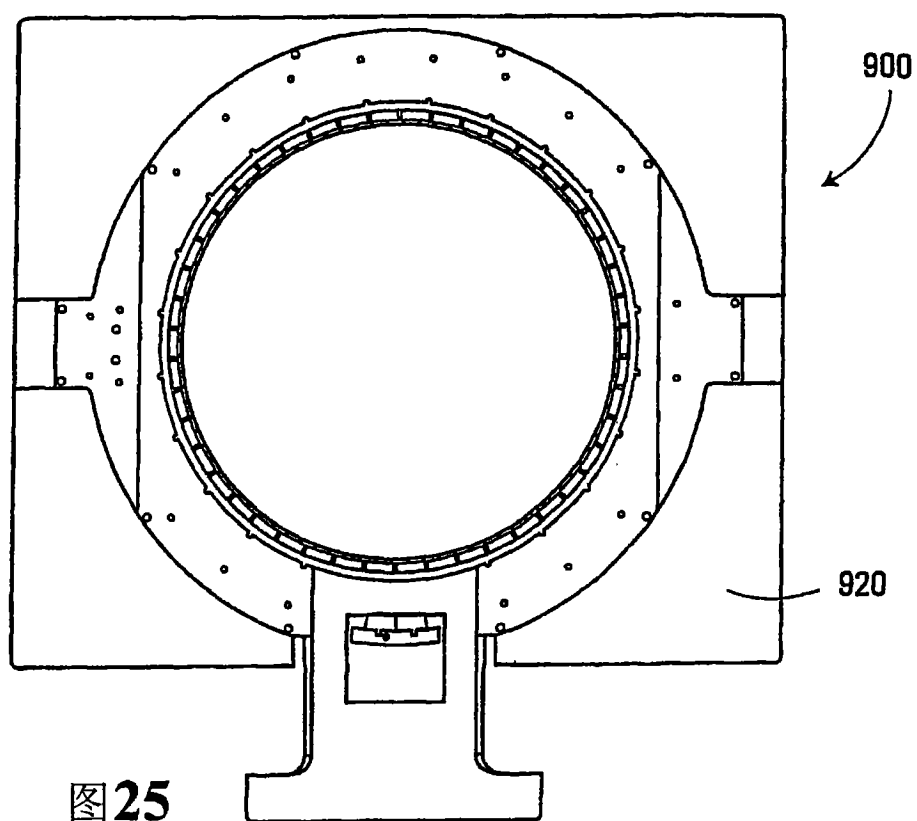


图25

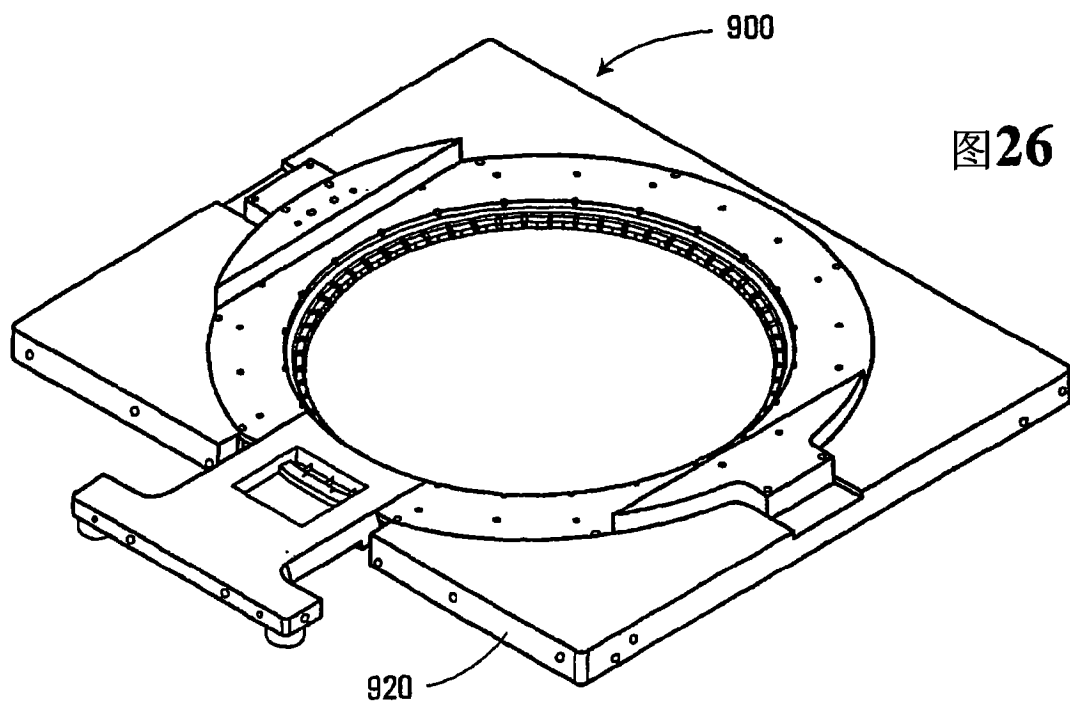


图26

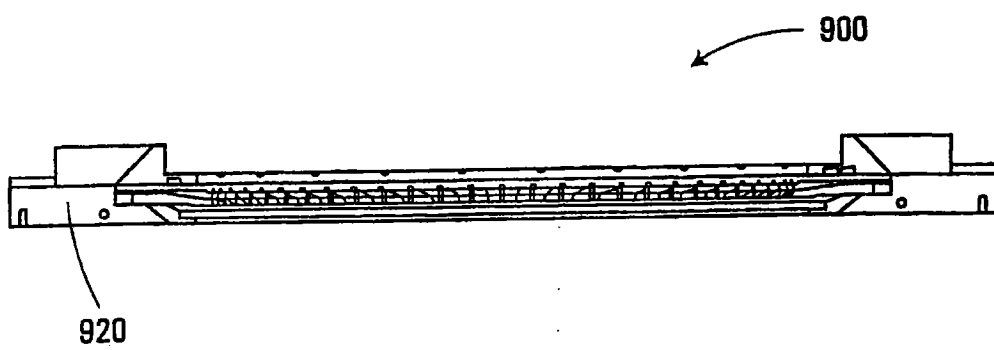


图 27

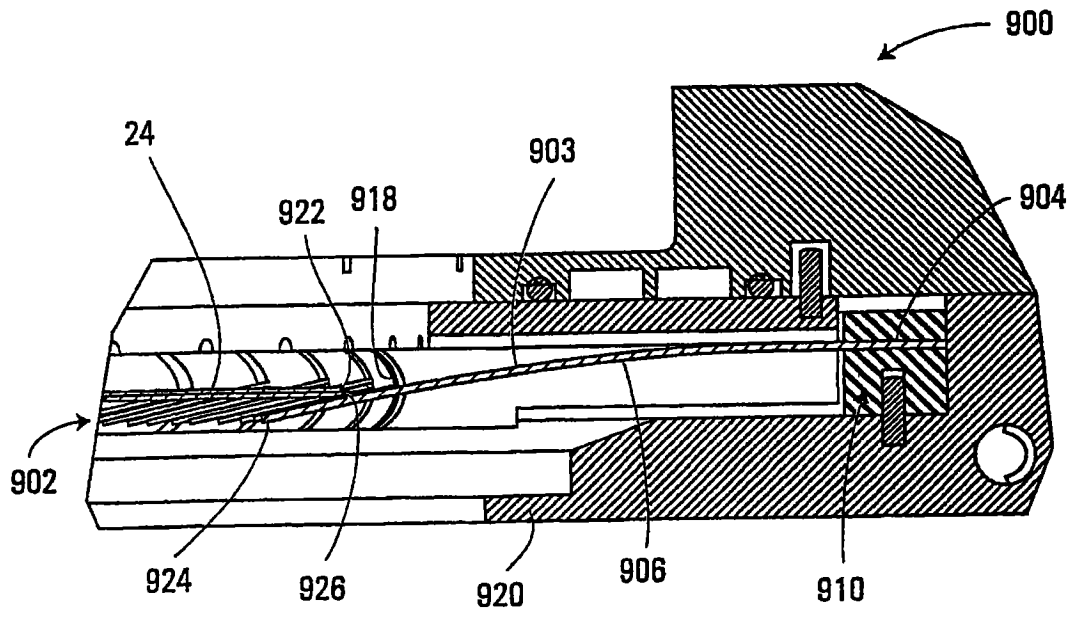


图 28

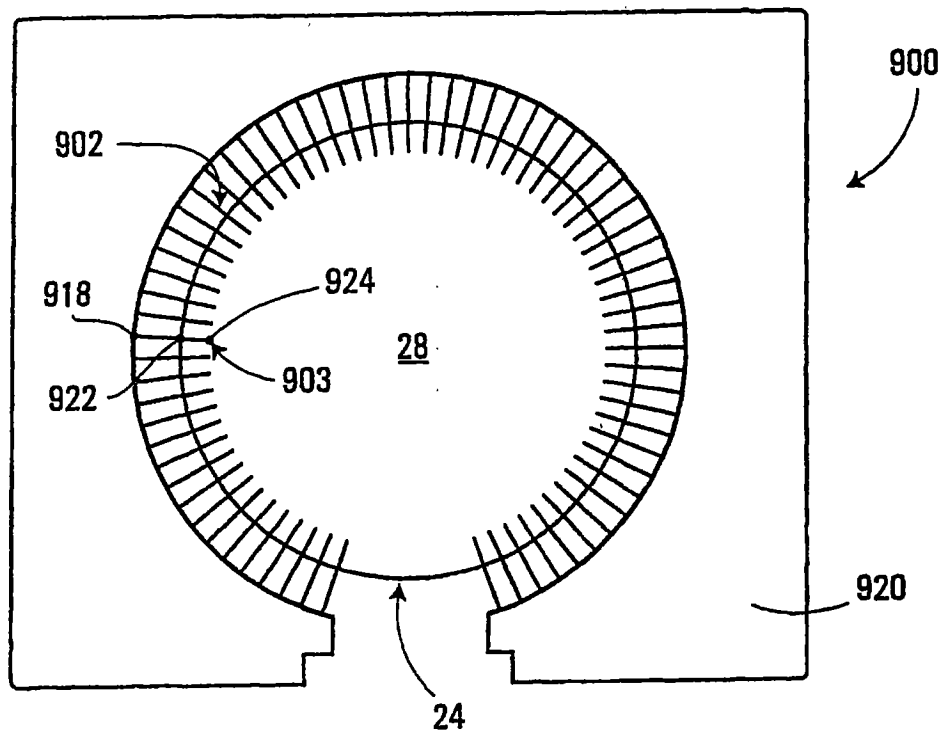


图 29

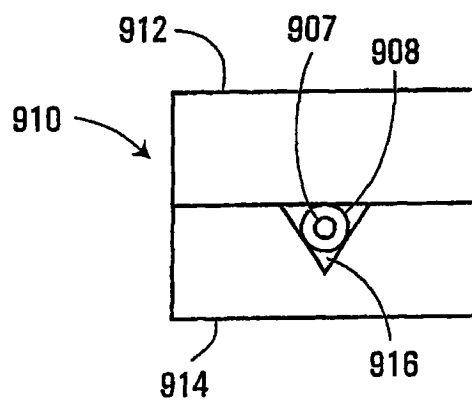


图 30

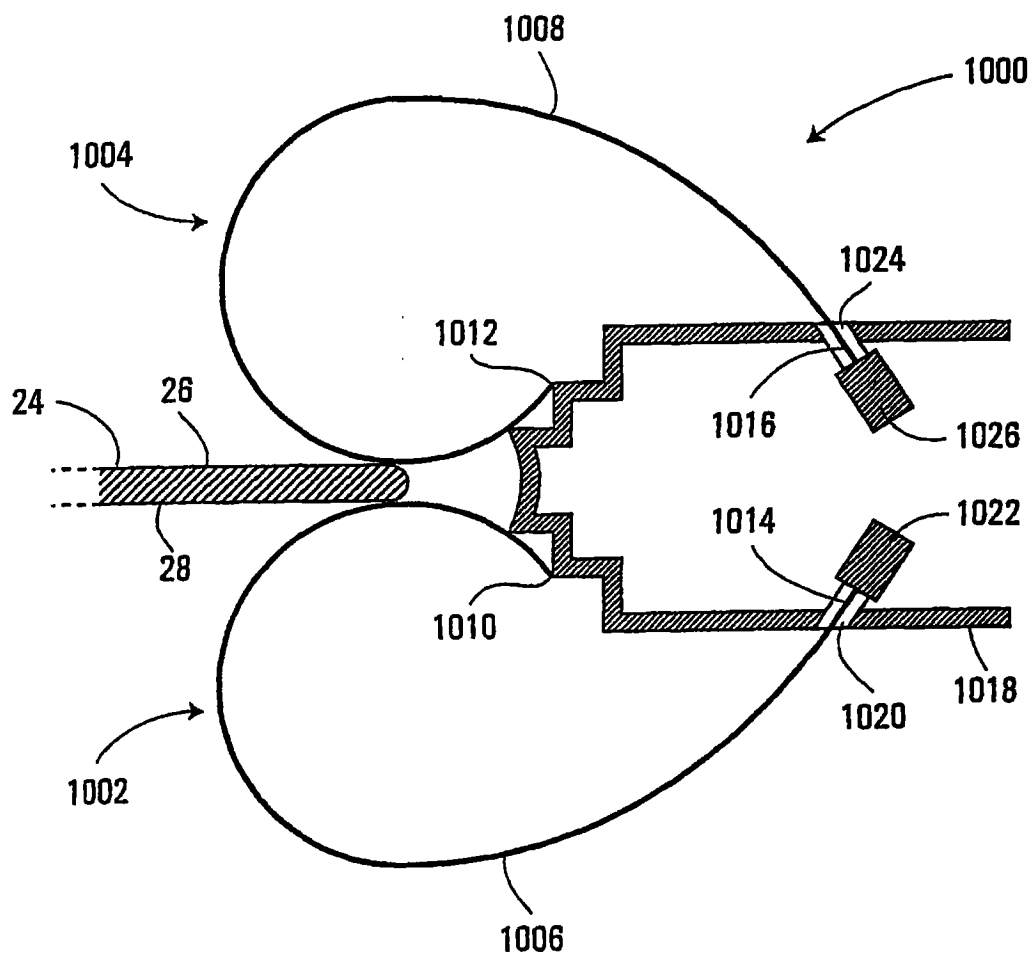


图 31

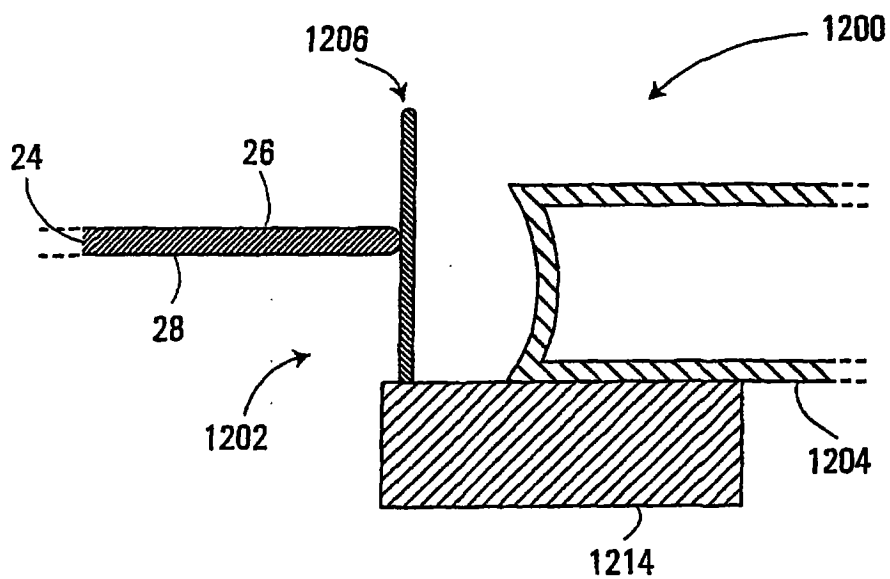


图 32

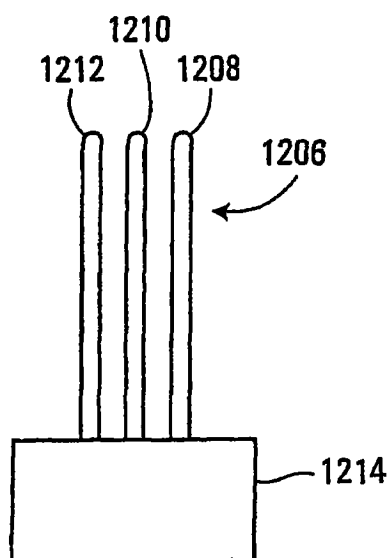


图 33

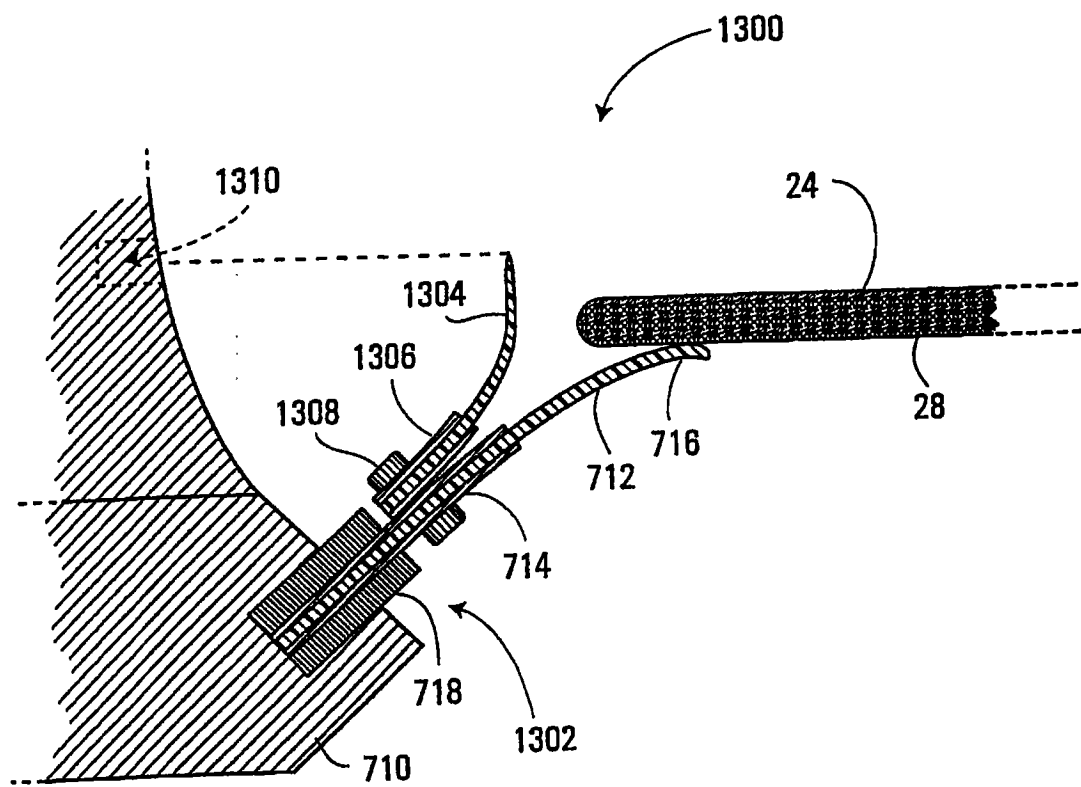


图 34

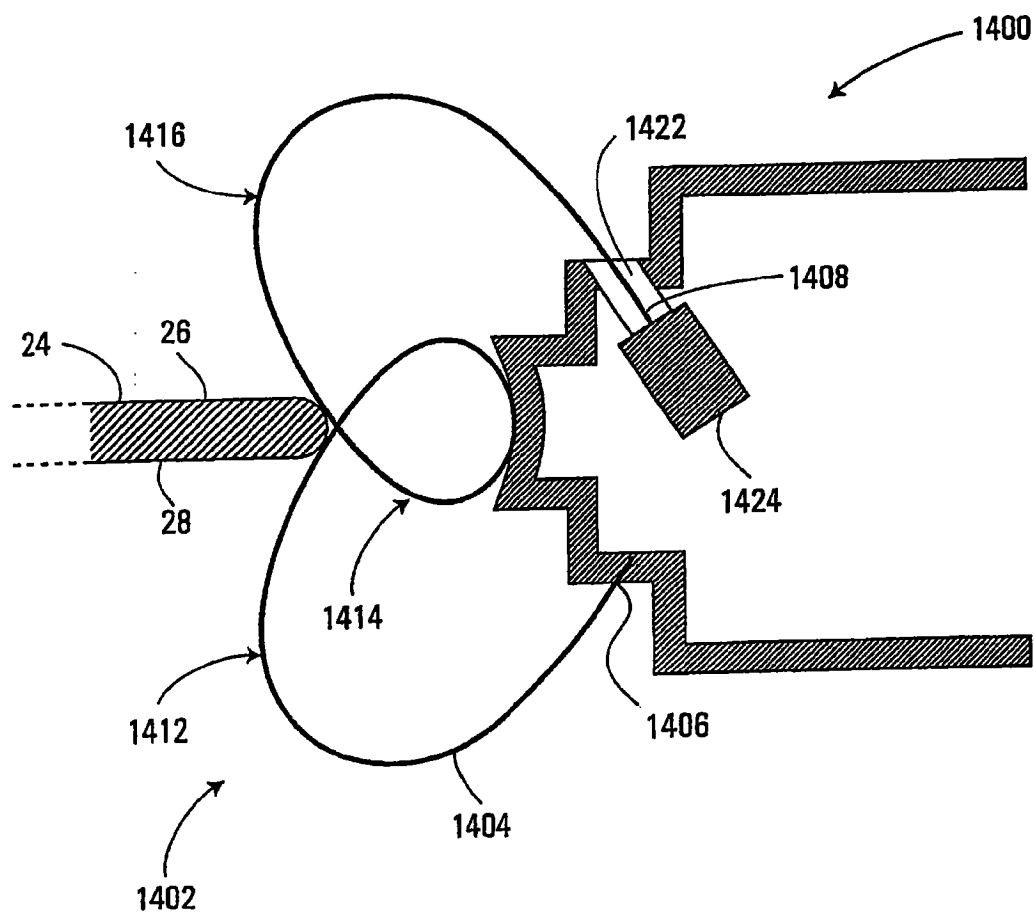


图 35

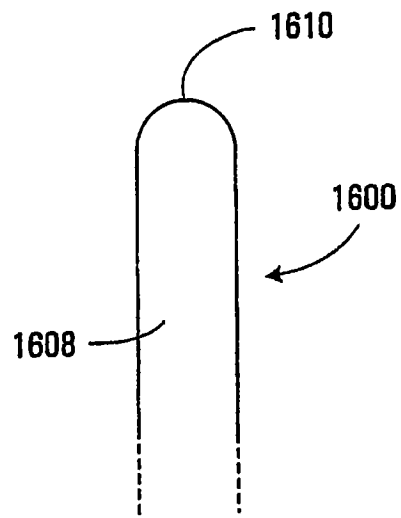


图 37

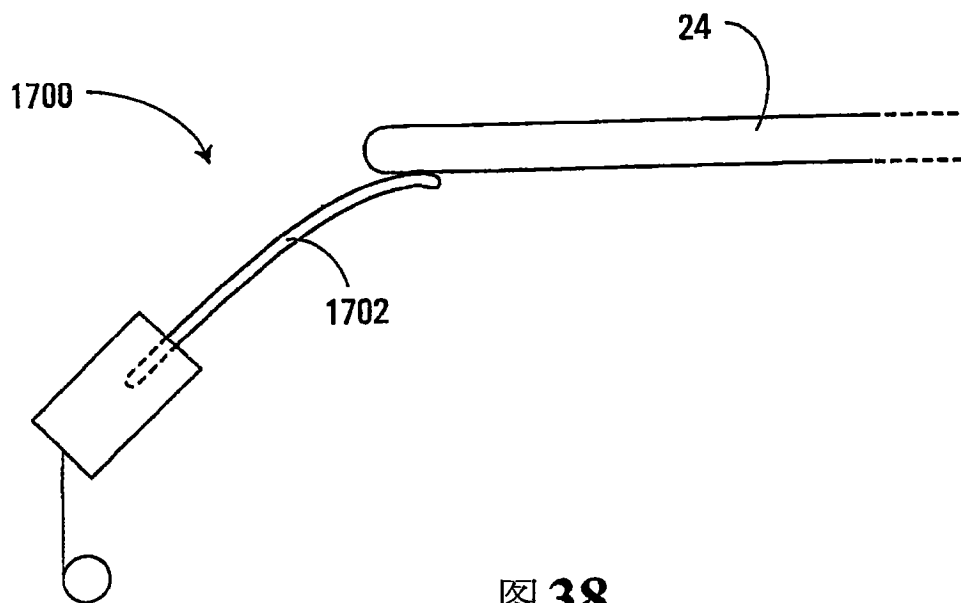


图 38