(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102016656 A
(43)申请公布日 2011.04.13

(21)申请号 200980113877.9
(22)申请日 2009.04.01
(30)优先权数据
61/041,763 2008.04.02 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.10.20
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2009/039072 2009.04.01
(87)PCT申请的公布数据
WO2009/146055 EN 2009.12.03
(71)申请人 3M创新有限公司
地址 美国明尼苏达州
(72)发明人 艾伦·B·坎贝尔 戴尔·L·埃内斯
约翰·F·范德洛弗斯科
马克·R·杜普雷
帕特里克·H·马鲁申
托德·M·约翰逊
(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
代理人 顾红霞 何胜勇
(51)Int.Cl.
G02B 5/04(2006.01)
G02B 5/02(2006.01)
G02F 1/1335(2006.01)

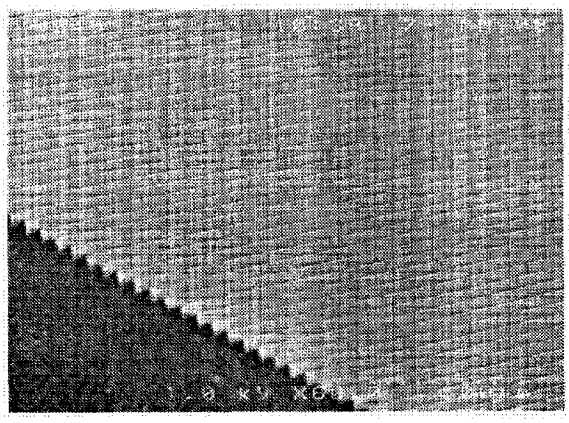
权利要求书 5 页 说明书 34 页 附图 30 页

(54)发明名称

用于制备具有叠加特征的光学膜的方法和系统

(57)摘要

本发明公开的用于制备光学膜的母模的方法涉及切削一系列基部结构。所述基部结构与改性特征叠加，从而在所述基部结构的形状方面产生突然不连续的变化。可以在所述基部结构和所述改性特征中的一者或两者中形成衍射元件。可通过在x方向、在z方向或沿着具有x分量和z分量两者的轨线移动所述切削工具来形成所述改性特征。



CN 102016656 A

1. 一种光学膜，包括 ：

一个或多个基部光学结构，每一个基部结构具有峰 ；和

多个改性特征，所述多个改性特征叠加在所述基部结构上，每一个改性特征通过将区域中基础基部结构的峰升高来改变所述基础基部结构的所述区域，其中升高的所述峰的半径不同于所述基础基部结构的所述峰的半径。

2. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中每一个改性特征具有周边，所述周边与所述基础基部结构的斜率的突然不连续相关。

3. 根据权利要求 2 所述的光学膜，其中所述突然不连续包括在 1 微米范围内超过约 0.1 度的斜率变化。

4. 根据权利要求 3 所述的光学膜，其中每一个改性特征将所述基础基部结构的所述峰升高的高度超过约 0.5 微米。

5. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中 ：

所述基部结构的峰的内角在约 40 度至约 150 度的范围内 ；并且

所述改性特征的所述峰的半径在约 3 微米至约 8 微米的范围内。

6. 根据权利要求 1 所述的光学膜，还包括衍射元件，所述衍射元件设置在所述基部结构和所述改性特征中的一者或两者上。

7. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中所述基部结构中的至少一些的间距有差别。

8. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中所述基部结构中的至少一些的高度有差别。

9. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中所述基部结构中的至少一些的间距和高度有差别。

10. 根据权利要求 1 所述的光学膜，还包括多个附加特征，所述多个附加特征改变所述基部结构的一个或多个侧面并且基本上不改变所述基部结构的所述峰。

11. 根据权利要求 1 所述的光学膜，其中 ：

所述基部结构包括线性三棱柱，所述线性三棱柱具有相对的侧面 ；并且

所述改性特征沿着小平面的大部分峰谷距离以及在小于所述棱柱的大部分长度的范围内来改变所述棱柱中的每一个的至少一个小平面。

12. 一种光学膜，包括 ：

一个或多个基部光学结构，每一个基部结构具有峰 ；和

多个改性特征，所述多个改性特征叠加在所述基部结构上，每一个改性特征将基础基部结构的区域中的峰升高，升高的所述峰的峰半径基本上等于所述基础基部结构的所述峰的半径。

13. 根据权利要求 12 所述的光学膜，其中每一个改性特征具有周边，所述周边与所述基础基部结构的突然不连续相关。

14. 根据权利要求 13 所述的光学膜，其中所述突然不连续包括在 1 微米范围内超过约 0.1 度的斜率变化。

15. 根据权利要求 12 所述的光学膜，其中每一个改性特征将所述基础基部结构的所述峰升高的高度超过约 0.5 微米。

16. 根据权利要求 12 所述的光学膜，还包括衍射元件，所述衍射元件设置在所述基部结构和所述改性特征中的一者或两者上。

17. 根据权利要求 12 所述的光学膜，其中所述基部结构中的至少一些的间距有差别。

18. 根据权利要求 12 所述的光学膜，其中所述基部结构中的至少一些的高度有差别。

19. 根据权利要求 12 所述的光学膜，还包括多个附加特征，所述多个附加特征改变所述基部结构的侧面并且基本上不改变所述基部结构的所述峰。

20. 根据权利要求 12 所述的光学膜，其中：

所述基部结构包括线性三棱柱，所述线性三棱柱具有相对的小平面；并且

所述改性特征在所述小平面的大部分峰谷距离上以及小于所述棱柱的大部分长度的范围内来改变所述棱柱中的每一个的至少一个小平面。

21. 一种光学膜，包括：

一个或多个基部结构，每一个基部结构具有峰和相对的侧面；和

多个离散特征，所述多个离散特征叠加在所述基部结构上，每一个离散特征在小于基础基部结构的大部分长度的范围内改变所述基础基部结构的至少一个侧面的斜率，并且基本上不改变所述基础基部结构的所述峰。

22. 根据权利要求 21 所述的光学膜，其中每一个特征包括具有周边的区域，所述周边与所述基础基部结构的突然不连续相关。

23. 根据权利要求 22 所述的光学膜，其中所述突然不连续与超过约 1 度的锥角相关。

24. 根据权利要求 21 所述的光学膜，其中每一个离散特征沿着所述基础基部结构的所述侧面的大部分峰谷距离改变所述侧面。

25. 根据权利要求 21 所述的光学膜，其中每一个基础基部结构的一个侧面缺乏所述特征。

26. 一种光学膜，包括：

一个或多个基部光学结构，每一个基部结构具有长度、峰和相对的侧面；和

多个特征，所述多个特征叠加在所述基部结构上，每一个特征沿着基础基部结构的至少一个侧面的大部分峰谷距离并且在小于所述基础基部结构的大部分长度的范围内改变所述基础基部结构。

27. 根据权利要求 26 所述的光学膜，其中所述特征中的一者或多者改变所述基础基部结构的两个侧面。

28. 根据权利要求 27 所述的光学膜，其中所述改性特征中的一者或多者将离散区域中的所述基础基部结构的所述峰升高。

29. 根据权利要求 28 所述的光学膜，其中所述离散区域中的所述峰的半径不同于所述基础基部结构的所述峰的半径。

30. 根据权利要求 28 所述的光学膜，其中所述离散区域中的所述峰的半径大于所述基础基部结构的所述峰的半径。

31. 根据权利要求 28 所述的光学膜，其中所述离散区域中的所述峰的半径小于所述基础基部结构的所述峰的半径。

32. 根据权利要求 26 所述的光学膜，其中在所述改性特征和所述基部结构中的一者或两者上设置有衍射元件。

33. 根据权利要求 26 所述的光学膜，其中在每一个改性特征与所述基础基部结构之间的周边处存在突然不连续，所述突然不连续与超过 1 度的锥角相关。

34. 一种用于改变表面以形成用于制备光学膜的母模的方法，包括 ：

在所述母模的所述表面中切削基部结构，所述基部结构包括所述母模的所述表面中的凹槽 ；以及

在所述母模的所述表面中切削一个或多个改性特征，其中所述基部结构和所述改性特征被叠加，以沿着所述凹槽产生突然不连续的变化。

35. 根据权利要求 34 所述的方法，其中 ：

切削所述基部结构包括切削连续凹槽 ；以及

切削所述改性特征包括切削一个或多个离散特征，所述一个或多个离散特征改变所述连续凹槽。

36. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括在切削所述基部结构之后切削所述改性特征。

37. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构包括在切削所述改性特征之后切削所述基部结构。

38. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构包括在所述基部结构中切削衍射元件。

39. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括在所述改性特征中的至少一些中切削衍射元件。

40. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括移动切削工具，以引起所述切削工具更深地切入所述凹槽中，所述切削工具的移动包括大致垂直于所述母模的所述表面的分量。

41. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括移动切削工具，以引起所述切削工具更深地切入所述凹槽的一个或两个侧面中，所述切削工具的移动包括大致平行于所述母模的所述表面的分量。

42. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括沿着轨线移动所述切削工具，所述轨线包括与所述母模的所述表面平行的分量以及与所述母模的所述表面垂直的分量。

43. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述改性特征包括切削离散特征，所述离散特征改变所述凹槽的一个或两个侧面的斜率而不改变所述凹槽的深度。

44. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述突然不连续的变化包括大于 1 度的锥角变化。

45. 根据权利要求 34 所述的方法，其中所述改性特征在凹槽深度中产生超过 0.5 微米的突然不连续的变化。

46. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征中的一者或多者包括同步飞切。

47. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征中的一者或多者包括动态同步飞切。

48. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征中的一者或多者包括横向进给切削。

49. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征中的一者或

多者包括螺纹切削。

50. 根据权利要求 34 所述的方法，其中 ：

切削所述基部特征包括使用如下切削工具切削所述基部结构，

所述切削工具具有第一切削工具外形 ；和

切削所述改性特征包括使用如下切削工具切削所述改性特征，

所述切削工具具有不同于所述第一切削工具外形的第二切削工具外形。

51. 根据权利要求 50 所述的方法，其中所述第一切削工具外形的切削头半径小于所述第二切削工具外形的切削头半径。

52. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征中的一者或多者包括使用如下切削工具进行切削，所述切削工具具有圆顶、平顶或钝顶切削工具外形。

53. 根据权利要求 34 所述的方法，其中切削所述基部结构和所述改性特征包括通过以下方法切削所述基部结构和所述改性特征 ：在切削头在整个所述表面上的单程中一起移动第一切削工具和第二切削工具。

54. 一种用于改变表面以形成用于制备光学膜的母模的系统，包括 ：

一个或多个切削工具 ；

驱动系统，所述驱动系统被构造为提供所述一个或多个切削工具与所述表面之间的相对运动 ；和

切削机构，所述切削机构被构造为控制所述切削工具，以在所述母模的所述表面中切削基部结构以及沿着凹槽切削改性特征，其中所述基部结构和所述改性特征被叠加，以在所述基部结构的形状方面产生突然不连续的变化。

55. 根据权利要求 54 所述的系统，其中所述切削机构包括同步飞切机构，所述同步飞切机构被构造为控制所述切削工具，以通过同步飞切形成所述基部结构和所述改性特征中的一者或两者。

56. 根据权利要求 55 所述的系统，其中所述同步飞切机构为动态同步飞切机构。

57. 根据权利要求 54 所述的系统，其中所述切削机构包括 ：一个或多个切削工具，所述一个或多个切削工具具有用于切削所述基部结构的第一外形 ；以及一个或多个第二切削工具，所述一个或多个第二切削工具具有用于切削所述改性特征的第二外形。

58. 根据权利要求 57 所述的系统，其中所述第一外形和所述第二外形中的至少一者包括圆顶、平顶或钝顶刀头。

59. 根据权利要求 54 所述的系统，其中所述切削机构被构造为在所述切削工具在整个所述表面上的单程期间切削所述基部结构和所述改性特征。

60. 根据权利要求 54 所述的系统，其中所述切削机构被构造为在所述切削工具在整个所述表面上的一个或多个第一行程期间切削所述基部结构征，以及在所述切削工具在整个所述表面上的一个或多个第二行程期间切削所述改性特征。

61. 一种用于制备光学膜的母模，所述母模具有表面，所述表面包括 ：

多个凹槽，所述多个凹槽设置在所述表面上 ；和

改变所述凹槽特征，每一个特征延伸的范围小于相关凹槽的长度并且围绕由所述相关凹槽的斜率的突然不连续所限定的区域。

62. 根据权利要求 61 所述的母模，其中所述突然不连续具有超过 1 度的锥角。

63. 根据权利要求 61 所述的母模，其中至少一个特征改变所述相关凹槽的深度并且具有与所述相关凹槽的内角不同的内角。

64. 根据权利要求 61 所述的母模，其中至少一个特征改变所述相关凹槽的深度并且具有与所述相关凹槽的内部半径不同的内部半径。

65. 根据权利要求 61 所述的母模，其中至少一个特征改变所述相关凹槽的深度并且具有比所述相关凹槽的内部半径小的内部半径。

66. 根据权利要求 61 所述的母模，其中所述特征中的至少一些改变所述凹槽的侧面而不改变所述凹槽的深度。

67. 根据权利要求 61 所述的母模，其中所述凹槽中的至少一些在间距和深度中的一者或两者方面有差别。

68. 根据权利要求 61 所述的母模，其中所述特征中的至少一些沿着所述凹槽的大部分峰谷距离改变每一个凹槽的至少一个侧面。

69. 根据权利要求 61 所述的母模，其中所述特征中的至少一些不改变所述凹槽的深度。

70. 一种用于改变表面以形成用于制备光学膜的母模的系统，包括：

第一切削工具，所述第一切削工具被构造为制备所述表面；

第二切削工具，所述第二切削工具被构造为在所述表面中切削特征。

驱动系统，所述驱动系统被构造为提供所述切削工具与所述表面之间的相对运动；和

切削机构，所述切削机构被构造为移动所述第一切削工具和所述第二切削工具，以在所述第一切削工具和所述第二切削工具在整个所述表面上的单程期间制备所述表面并且切削所述特征。

71. 根据权利要求 70 所述的系统，其中所述表面的粗糙度在制备所述表面之后显著小于最小的特征。

用于制备具有叠加特征的光学膜的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及母模的制备，该母模包括与改性特征叠加的基部结构，并用于制备光学膜在内的各种类型的微复制元件。

背景技术

[0002] 母模用于制备微复制元件，包括研磨剂、粘合剂、摩擦控制、微紧固件和光学元件。 例如，通过加工母模形成的微复制特征可直接或间接转移到光学膜上。 从母模转移的特征形成影响膜光学性质的微复制光学结构。 由此类工艺形成的光学膜可以用于各种目的，并且对于改变可见显示特性特别可用。 显示设备可以使用一种或若干种不同类型的光学膜，这些光学膜具有增强亮度、隐藏缺陷、增强光漫射、提高对比度和 / 或提供其它所需效果的光学结构。

[0003] 需要能够生产用于制备各种类型微复制部件的增强型母模的制备工艺和系统。更具体地讲，需要用于制备在减少出现显示缺陷的同时增强所需显示特性的光学膜的方法。 本发明满足了这些需求和其它需求，并且提供了优于现有技术的其它优点。

发明内容

[0004] 本发明的一些实施例涉及具有叠加了多个特征的基部结构的光学膜。 基部结构中的每一个具有峰，每一个叠加的特征通过将区域中的基础基部结构的峰升高来改变基础基部结构的该区域。 改性特征的峰的半径可以与基础基部结构的峰的半径不同。 基部结构的高度和 / 或间距可以变化，其中这些高度和 / 或间距的变化与改性特征所产生的任何高度和 / 或间距变化无关。

[0005] 根据本发明的某些方面，由每一个特征改性的区域具有与基础基部结构的斜率或形状的突然不连续相关的周边。 例如，突然不连续可能涉及（例如）不止约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度的锥角或每微米斜率变化。 每一个改性特征可以将基础基部结构的峰升高（例如）约 0.5 微米至约 3 微米。

[0006] 在一个实施例中，基部结构为线性三棱柱，该线性三棱柱具有的锐顶峰的内角在约 40 度至约 150 度的范围内。 改性特征区域中的升高的峰的半径可以在约 3 微米至约 8 微米的范围内。

[0007] 在各种实施例中，可以在基部结构和改性特征中的一者或两者上设置衍射元件。 多个附加特征可以改变基部结构的侧面，而不显著改变基部结构的峰。 改变基部结构的特征可以沿着基部结构的大部分峰谷距离并且在小于基部结构的大部分长度的范围内实现。

[0008] 另一个实施例涉及光学膜，该光学膜具有一个或多个基部光学结构以及该基部结构上叠加的多个改性光学特征。 每一个改性特征将基础基部结构的峰升高了。 改性特征区域中的峰的半径大致等于基础基部结构的峰的半径。

[0009] 又一个实施例涉及光学膜，该光学膜包括一个或多个细长形基部结构以及该细

长形基部结构上叠加的多个离散特征。 每一个基部结构具有相对的侧面和峰。 每一个特征在小于基础基部结构的大部分长度的范围内改变基础基部结构的至少一个侧面。 在该实施例中，特征并未将基础基部结构的峰升高。

[0010] 根据本发明的某些方面，每一个特征包括的区域与沿着该区域周边的基础基部结构的突然不连续相关。 例如，突然不连续可能与（例如）不止约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度的锥角相关。 在一些实施例中，每一个特征沿着基础基部结构的大部分峰谷尺寸改变基础基部结构的侧面。 特征可以仅出现在基部结构的一个小平面或侧面上，其它小平面或侧面则没有特征。

[0011] 另一个实施例涉及光学膜，该光学膜具有一个或多个基部光学结构以及该基部结构上叠加的多个特征。 该基部结构具有相对的侧面和峰。 每一个特征沿着基础基部结构的至少一个侧面的大部分峰谷距离并且在小于基部结构的大部分长度的范围内改变基础基部结构。 在每一个特征与基础基部结构之间的周边处具有突然不连续。

[0012] 在一些实施例中，每一个特征改变基础基部结构的两个侧面。 在一些实施例中，特征中的一者或多者通过将区域中基础基部结构的峰升高来改变基础基部结构的该区域。 在一些实施例中，升高的峰的半径与基础基部结构的峰的半径不同。 例如，通过改性特征形成的升高的峰的半径可以大于或小于基础基部结构的峰的半径。 在一些实施例中，在改性特征中的至少一些和 / 或基部结构中的至少一些上设置衍射元件。

[0013] 本发明的另一个实施例涉及改变表面以形成用于制备光学膜的母模的方法。 基部结构包括切入母模表面中的凹槽。 在切出基部特征之前或之后，在母模表面中切出一个或多个改性特征。 叠加基部结构和改性特征，以沿着凹槽产生突然不连续的变化。 例如，基部特征可以是连续凹槽，改性特征可以是改变该凹槽的离散特征。 在一些实施例中，可以在基部结构中的一些和 / 或改性特征中的一些中形成衍射元件。

[0014] 突然不连续的变化包括（例如）不止约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度的锥角变化。 改性特征可以产生凹槽的深度为（例如）约 0.5 微米至约 3 微米的突然不连续的变化。

[0015] 切削改性特征可能涉及大致垂直于母模表面移动切削工具，以引起切削工具切入凹槽。 切削改性特征可能涉及大致平行于母模表面移动切削工具，以引起切削工具更深地切入凹槽的一个或两个侧面中。 切削改性特征可能涉及沿着轨线移动切削工具，该轨线包括与母模表面平行的分量和与母模表面垂直的分量。 改性特征可以包括与凹槽的一个或两个侧面的斜率的突然变化相关但不改变的区域。 切削凹槽和 / 或改性特征可能涉及（例如）同步飞切、动态同步飞切、螺纹切削或横向进给切削。

[0016] 在一些实施例中，使用具有第一切削工具外形的第一切削工具切削凹槽。 使用具有第二切削工具外形的第二切削工具切削改性特征，第二切削工具外形不同于第一切削工具外形。 例如，第一切削工具外形的切削刀头半径可以小于第二切削工具的切削刀头半径。 可以使用具有圆顶、平顶或钝顶外形的切削工具切削凹槽和 / 或改性特征。

[0017] 根据一些实施例，切削凹槽和 / 或切削改性特征涉及通过切削头在整个表面上的单程中一起移动第一切削工具和第二切削工具来切削凹槽和改性特征。

[0018] 本发明的另一个实施例涉及用于改变表面以形成用于制备光学膜的母模的系统。 该系统包括一个或多个切削工具。 驱动系统被构造为提供一个或多个切削工具与表

面之间的相对运动。 切削机构被构造为控制切削工具以切削包含母模表面中的凹槽的基部特征。 切削机构也被构造为切削叠加有凹槽的改性特征，以在凹槽形状方面产生突然不连续的变化。 通常在切削凹槽之后切削改性特征，然而，也可在切削凹槽之前切削改性特征。

[0019] 切削机构可以包括同步飞切机构或动态同步飞切机构，同步飞切机构被构造为控制切削工具，以通过同步飞切制备基部特征和 / 或改性特征中的一者或两者。 切削机构可以包括具有用于切削基部特征的第一外形的一个或多个切削工具，以及具有用于切削改性特征的第二外形的一个或多个切削工具。 例如，第一外形和第二外形中的至少一者可以具有圆顶、平顶或钝顶刀头。 切削机构可以被构造为在第一切削工具和第二切削工具在整个表面上的单程期间切削基部特征和改性特征两者。 第一切削工具和第二切削工具被构造为同步移动。

[0020] 在一些实施例中，切削机构被构造为在切削工具在整个表面上的一个或多个第一行程期间切削基部特征，以及在切削工具在整个表面上的一个或多个第二行程期间切削改性特征。 在其它实施例中，切削机构被构造为在切削工具在整个表面上的单程期间一起移动切削工具来切削基部特征和改性特征。

[0021] 另一个实施例涉及可用于制备光学膜的母模，该母模具有表面。 在母模的表面上也叠加多个凹槽和改性特征。 每一个特征延伸小于相关凹槽的长度并且构成区域，该区域由位于该区域周边处的相关凹槽的斜率方面的突然不连续所限定。 例如，突然不连续的锥角可以（例如）超过约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度。

[0022] 在各种构造中，一个或多个特征改变凹槽的深度，并且凹槽的内角为不同于、大于或小于特征的内角。 在一些构造中，特征改变凹槽区域的深度，并且凹槽的半径小于区域的半径。

[0023] 特征中的至少一些可改变凹槽的侧面但不改变凹槽的深度。 凹槽中的一些的深度和 / 或间距可能有差别。 特征可以沿着凹槽的峰谷距离改变凹槽。 特征可以改变或可以不改变凹槽的深度。

[0024] 本发明的另一个实施例涉及用于改变表面以形成用于制备光学膜的母模的系统。 该系统包括被构造为制备表面的第一切削工具。 第二切削工具被构造为在表面中切削特征。 驱动系统在切削工具与表面之间提供相对运动。 切削机构移动第一切削工具和第二切削工具，以在第一切削工具和第二切削工具在整个表面上的单程期间制备表面并且切削特征。 经过制备之后表面的粗糙度显著小于最小的特征。

[0025] 本发明的上述发明内容并非意图描述本发明的每一个实施例或每种实施方式。结合附图并参照下文的具体实施方式以及所附权利要求书，本发明的优点、成效以及更全面的理解将变得显而易见并且可以领会。

附图说明

[0026] 图 1 示出使用根据本发明实施例制备的母模制备的膜的一部分的实例 ；

[0027] 图 2 为示出根据本发明的实施例的车削系统的示意图，该系统被构造为制备具有基部结构并且与改性特征叠加的母模 ；

[0028] 图 3 示出用于根据本发明的实施例加工母模的坐标系统 ；

[0029] 图 4A 为刀头座的透视图；

[0030] 图 4B 为用于固定刀头的刀头座的前视图；

[0031] 图 4C 为刀头座的侧视图；

[0032] 图 4D 为刀头座的俯视图；

[0033] 图 5A 为刀头的透视图；

[0034] 图 5B 为刀头的前视图；

[0035] 图 5C 为刀头的仰视图；

[0036] 图 5D 为刀头的侧视图；

[0037] 图 6A 示出刀架组件的一部分，该组件被构造为将切削工具和双单轴致动器安装到车床上；

[0038] 图 6B 为在切削工具致动器中使用的示例性压电换能器 (PZT) 层叠件的示意图；

[0039] 图 7A 为示出用于产生改性特征的断续切削的示意图，改性特征进出工件的入锥角和出锥角基本上等同；

[0040] 图 7B 为示出用于产生改性特征的断续切削的示意图，改性特征进出工件的入锥角小于出锥角；

[0041] 图 7C 为示出用于产生改性特征的断续切削的示意图，改性特征进出工件的入锥角大于出锥角；

[0042] 图 8 为概念性地示出可根据本发明的实施例使用断续切削工艺制备的改性特征的示意图；

[0043] 图 9A 示出根据本发明的实施例的刀架的一部分，该刀架被构造为将切削工具和单轴致动器安装到用于轨线切削的车床上；

[0044] 图 9B 示出在针对如图 9A 所示的单轴致动器布置方式的 X-Z 平面内的切削工具的轨线；

[0045] 图 9C 示出根据本发明的实施例安装在致动器与切削工具之间的垫片，该垫片用来使切削刀头的角度保持大致垂直于母模辊表面；

[0046] 图 9D 示出根据本发明的实施例的用于安装切削工具的刀柄，以将切削刀头的角度保持大致垂直于母模辊表面；

[0047] 图 9E 示出根据本发明的实施例搭接的切削工具，从而得到大致垂直于母模辊表面的切削刀头；

[0048] 图 10 示出根据本发明的实施例的具有切削机构的车床，该切削机构能够在母模表面上方的单程中切削叠加的基部结构和改性特征；

[0049] 图 11 为根据本发明实施例的飞切头的分解图；

[0050] 图 12 为根据本发明实施例的飞切系统的图解；

[0051] 图 13A 示出沿着工件表面纵向飞切每一个凹槽而形成的凹槽；

[0052] 图 13B 示出由在工件表面周围交叉径向切削的凹槽段而形成的凹槽；

[0053] 图 14 为飞切头和工件的立面透视图，其中刀头相对于工作倾斜；

[0054] 图 15 为根据本发明的实施例安装在致动器上的切削元件的图解；

[0055] 图 16 为根据本发明的实施例安装在致动器上的切削元件的图解，其中切削元件和致动器的位置可由第二致动器进一步控制；

[0056] 图17A示出根据本发明的实施例用于在母模上形成基部结构和/或改性特征的刀头几何形状；

[0057] 图17B和图17C分别示出母模和光学膜上的采用图17A的刀头几何形状的基部结构和/或改性特征；

[0058] 图18A示出根据本发明的实施例用于在母模上形成基部结构和/或改性特征的刀头几何形状；

[0059] 图18B和图18C分别示出在母模和光学膜上形成的采用图18A的刀头几何形状的基部结构；

[0060] 图19A示出根据本发明的实施例用于在母模上形成基部结构或改性特征的刀头几何形状；

[0061] 图19B和图19C分别示出在母模和光学膜上形成的采用图19A的刀头几何形状的基部结构；

[0062] 图20A示出根据本发明的实施例用于在母模上形成基部结构或改性特征的刀头几何形状；

[0063] 图20B和图20C分别示出在母模和光学膜上形成的采用图20A的刀头几何形状的基部结构；

[0064] 图21A示出根据本发明的实施例用于在母模上形成基部结构或改性特征的刀头几何形状；

[0065] 图21B和图21C分别示出在母模和光学膜上形成的采用图21A的刀头几何形状的基部结构；

[0066] 图22A为在两个小平面上都具有衍射元件的刀头的侧视图；

[0067] 图22B为在两个小平面上都具有衍射元件的另一个刀头的侧视图；

[0068] 图23为在一个小平面上具有衍射元件的刀头的侧视图；

[0069] 图24A为具有台阶高度变化的衍射元件的刀头的侧视图；

[0070] 图24B为具有台阶高度变化的衍射元件的另一个刀头的侧视图；

[0071] 图25为具有沿着90度小平面侧的衍射元件的刀头的侧视图；

[0072] 图26为具有沿着平刀头的衍射元件的刀头的侧视图；

[0073] 图27为具有沿着弯曲刀头的衍射元件的刀头的侧视图；

[0074] 图28为具有以台阶状形成的衍射元件的刀头的侧视图；

[0075] 图29为具有透镜状衍射元件的刀头的侧视图；

[0076] 图30为具有沿着弯曲小平面的衍射元件的刀头的侧视图；

[0077] 图31为具有沿着多个线性小平面的衍射元件的刀头的侧视图；

[0078] 图32示出根据本发明的实施例在x方向通过切削工具的低频移动切削母模以引起基部结构高度变化而制成的基部结构；

[0079] 图33示出根据本发明的实施例在z方向通过切削工具的低频移动切削母模从而导致间距变化而制成的光学膜结构构造；

[0080] 图34示出根据本发明的实施例沿着其长度方向的高度有差别的第一组基部结构，第一组基部结构与沿着长度方向的间距有差别的第二组基部结构交错；

[0081] 图35示出根据本发明的实施例通过切削工具的z方向低频移动和x方向高频移

动切削母模而形成的基部结构；

[0082] 图 36A 和图 36B 示出根据本发明的实施例沿轨线切削母模而形成的具有 x 轴游弋和 z 轴游弋的基部结构；

[0083] 图 36C 为具有棱柱的结构的剖视图，其中棱柱的间距出现变化而高度基本上没有变化。

[0084] 图 37A 示出根据本发明的实施例具有特征的构造，其中特征通过将基础基部结构的区域中的峰升高以及对峰引入半径来改变该区域；

[0085] 图 37B 示出根据本发明的实施例具有特征的构造，其中特征通过将峰升高来改变基础基部结构的区域，并且其中改性特征区域中的峰的半径与基部特征的峰的半径不同；

[0086] 图 38 示出根据本发明的实施例具有特征的构造，其中特征通过将峰升高来改变基础基部结构的区域，并且其中改性特征也影响了基部结构的大部分峰谷距离；

[0087] 图 39 示出根据本发明的实施例包括基部结构凹槽和改性特征的构造，其中改性特征影响了凹槽的两个侧面；

[0088] 图 40 示出根据本发明的实施例包括基部结构凹槽和改性特征的构造，其中改性特征仅影响凹槽的一个侧面；

[0089] 图 41A 示出根据本发明实施例的构造，其中改性特征包括衍射元件；

[0090] 图 41B 示出根据本发明的实施例包括基部结构和两种改性特征类型的构造；

[0091] 图 42 示出根据本发明实施例的构造，其中改性特征具有弯曲侧面，并且改性特征区域中的峰的内角大于基部特征的内角；

[0092] 图 43 示出根据本发明实施例的构造，其将直三棱柱作为基部结构，该基部结构与改性特征叠加并且与具有间距变化的棱柱交错；

[0093] 图 44 示出根据本发明实施例的结构，该结构可以通过使可变深度凹槽与形成基部棱柱的半径具有更窄夹角，并且通过切削工具沿着该凹槽的 z 轴连续运动进行再切削而形成；以及

[0094] 图 45A-45C 示出根据本发明实施例的光学膜的在不同倍率下的摄影图，其中光学膜包括一系列与改性特征叠加的基部结构。

[0095] 虽然本发明经得起各种修改以及替代形式的检验，但其具体的方式已经以举例的方式在附图中示出并将详细说明。 然而，应该理解，目的并不是将本发明限制到所述的具体实施例。 相反，其目的在于涵盖所附权利要求书所限定的本发明范围内的所有修改形式、等同形式和替代形式。

具体实施方式

[0096] 在下面对图示实施例的说明中，参考了形成其一部分的附图，并且附图中以举例的方式示出可以实施本发明的多个实施例。 应当理解，在不脱离本发明范围的前提下，可以利用其它实施例，并且可以进行结构性和功能性方面的修改。

[0097] 母模用于制备光学和 / 或其它类型的微复制膜。 例如，可以将微复制特征切入母模表面中作为所需光学特征的阴模，即补体。母模随后用于通过（例如）压印、挤出、浇注、固化和 / 或其它工艺在膜上形成微复制光学结构来制备膜。

[0098] 光学膜在控制背光型显示器的光学性质方面特别可用。 例如，增亮薄膜 (BEF) 使用光学结构沿着所需的视轴导光，从而增强观察者所感受的光亮度。 背光型计算机显示屏可以使用许多不同的膜，以便产生具有高对比度和高总体亮度同时在某些选定方向保持均一的高亮度而在其它方向保持较低的亮度的屏幕。 此类屏幕可以使用若干类型的膜，例如扩散膜与棱柱 BEF 膜或透镜状膜的组合。

[0099] 对于拟用于近距离观察的显示器，例如计算机显示器，外观要求非常高。 显示器是长期近距离观察的，因此即使很小的缺陷也可能被察觉到并且会引起观察者注意力分散。 物理缺陷包括（例如）斑点、棉绒状物质、刮伤和掺杂物等。 缺陷也可与光学现象相关。 最常见的光学缺陷为“光耦合”、牛顿环和莫尔效应。 此外，在某些条件下，观察者还可透过显示器观察到背光源元件，例如光提取特征。 虽然这些为故意设置的特征，但当其变为可见时，其类似于缺陷之处在于其影响观察者对显示器外观的印象。

[0100] 本发明的实施例涉及用于加工母模的方法和系统，该母模用于形成具有增强光学特性的光学膜，从而使得该光学膜在显示器应用方面特别有利。 该方法涉及的制备工艺包括在母模表面中形成基部结构以及形成与基部结构叠加的改性特征。 虽然可以任何顺序形成基部特征和改性特征，但这样表示的改性特征更为方便，因为其改变了基部特征的基础结构。 根据本发明实施例形成的母模允许在光学膜的主表面上构成一体的微结构区域。

[0101] 例如，在一些实施例中，基部结构为连续的特征，而改性特征为与基部结构叠加的离散特征。 在这些实施例中，连续基部结构的长度明显比离散改性特征的长度长多个数量级。 在一些实施例中，基部结构的长度可能不明显长于改性特征的长度。 在一个实施例中，基部结构包括三棱柱，而改性特征在 x 方向（与母模表面的平面垂直）和 z 方向（与母模表面的平面平行）中的一者或两者中改变基部结构。 改性特征在由周边限定的区域中改变基部结构，在该区域中基部结构的斜率或形状存在突然不连续。

[0102] 改性特征可以改变基部结构的顶部和 / 或侧面。 在一些实施例中，改性特征增加了基部结构凹槽的深度。 在一些实施例中，改性特征仅影响基部结构的侧面，而不改变高度尺寸。 而在其它实施例中，改性特征可以增加深度并且改变基部结构的侧面。

[0103] 可以采用基部结构和改性特征的叠加，以在由母模制成的膜中产生所需光学性质的组合。 使用改变基部结构的特征可实现的所需光学性质的非限制性、代表性的设置包括光导向和 / 或循环利用，连同增强的光漫射特性、改善的耐久性和韧性、缺陷隐藏和 / 或光学缺陷的减少，并且连同本文所述的其它有利性质。 例如，结合增亮薄膜，本发明所述的方法增强制备光学膜的能力，该光学膜专用于特定设计标准或所需的光学性质，例如增益、韧性、漫射、缺陷减少和缺陷隐藏。

[0104] 图 1 示出使用本文所述方法制备的母模所生产的膜 100 的一部分的实例。 在该实例中，与其它实例一样，在母模中形成的特征是膜特征的补体（阴模）。 因此，膜的结构与母模的结构相对应，使得在制备膜时，母模表面上的局部最低处对应于膜上的局部最高处。

[0105] 在该实例中，膜 100 为用于光导薄膜（如光循环腔增亮薄膜）的典型结构。 膜 100 包括基部结构，基部结构具有切入母模中的凹槽相对应的多个线性三棱柱 105。 虽然在该实例中线性三棱柱示出为基部结构，但其它棱柱或非棱柱形状也是适用的。

[0106] 在示例性膜 100 中，改性特征 110 沿着线性三棱柱 105 的小平面与基部结构 105 叠加。 如图 1 所示，改性特征 110 与由线性棱柱 105 限定的基础基部结构的侧面 106 的修改相关。 在该实例中，可通过在母模中沿着棱柱凹槽侧面位置处进行不连续的、断续切削形成改性特征 110。 断续切削可通过以下方式实现：在与母模表面平行的 z 方向快速移动切削工具，除此之外或作为另一种选择，也可与母模表面垂直的 x 方向快速移动切削工具，或在具有 x 分量和 z 分量两者的方向快速移动切削工具，或以可引起切削工具切入母模表面中比切入基础基部结构中更深的其它方式移动切削工具。 本文所述的断续切削涉及这样的工艺，其中切削工具实现不连续切削，不连续切削产生由改变基部结构形状的突然不连续周边所限定的区域。 用于膜 100 和用于母模的坐标系统如图 1 所示，并且结合图 3 进行更详细的描述。

[0107] 由即将描述的断续切削技术所形成的离散光学特征在由周边限定的基部结构中形成区域，其中周边具有得自基础基部结构形状的突然不连续。 例如，离散特征 110 形成具有周边 125 的区域，其中在基础三棱柱 105 的侧面 106 处发生斜率的突然不连续的变化。 这些突然不连续周边 125 可通过动态控制的断续切削工艺形成，该工艺包括如本文更详细描述的动态控制的横向进给切削或动态控制的同步飞切所进行的断续切削。

[0108] 采用具有突然不连续周边改性特征的光学膜与没有这种特征的膜相比，可有利地提供增强的漫射特性。 在基部结构上叠加突然不连续的改性特征提供控制增益、光学漫射和 / 或缺陷减少性质（如抗光耦合和 / 或抗莫尔纹）的能力，从而增强制备针对特定应用而设计的膜的能力。

[0109] 连续的非断续切削技术即使通过动态控制也会产生更多的逐渐过渡，使得难以使用非断续切削形成可提供本文所述的膜增强光学特性的突然不连续。 可以在基部结构形成之前或之后形成改性特征。 例如，可通过使用快速刀具伺服致动器动态控制的横向进给切削或飞切进行断续切削。

[0110] 在一些实施例中，通过使用车床形成基部结构和 / 或改性特征。 车床可以独立地控制切削工具渗透到母模中的深度和切削工具沿着母模表面的侧向运动。 另外，车床可以独立地控制圆柱形母模的转速。

[0111] 图 2 示出根据本发明实施例的车削系统，该系统被构造为制备具有叠加的基部结构 210 和改性特征 211 的圆柱形母模。 圆柱形母模辊 200 由滚筒驱动装置 204 驱动围绕轴 202 旋转。 虽然在该实例中，母模 200 示出为圆柱形，但在可选构造中，母模可为平面形状或呈其它形状。 可以通过在母模 200 中横向进给切削同心凹槽或螺纹切削凹槽（即在切入母模 200 中的表面时在 z 方向平移切削工具 208）在母模 200 中切出基部结构 210。 可以在叠加了基部特征 210 的母模上切出形成改性特征的不连续切削 211。 例如，可以通过切削工具 208 的快速移动使用断续切削形成改性特征。

[0112] 在一些实施例中，控制器 206 在 Z 方向横向驱动切削刀架 209，以沿着旋转的母模 200 移动切削工具 208 进行螺纹切削或同心切削。 控制器 206 控制滚筒驱动装置 204 的速度并且可以监控母模 200 的角位 Ψ。

[0113] 在一些实施例中，切削工具 208 可以取向为在具有基本上恒定深度和间距的母模 200 上切削连续凹槽 210。 在其它实施例中，连续特征 210 的深度和 / 或间距可以包括“快速”和 / 或“慢速”游弋。 切削连续特征时，切削工具的“快速”游弋可以用

于制备沿着特定连续特征具有变化的膜。 切削工具的“慢速”游弋可以用于产生因特征而有差别的连续特征。

[0114] 例如，切削细长的 v 形凹槽时，切削工具沿着垂直于母模表面方向的快速游弋可用于制备沿着每一个棱柱显示具有高度变化的膜。 切削工具沿着垂直于母模表面方向的慢速游弋可用于制备这样的膜，该膜沿着每一个棱柱的长度具有恒定高度，但高度因棱柱而异，以使得第一棱柱与相邻棱柱具有不同的高度。 切削母模时可以一起使用切削工具的连续快速游弋和慢速游弋，以使得从母模制备的膜所包括的棱柱除了因棱柱而异之外，还沿着每一个棱柱的长度具有连续变化。 可以在 x 方向、 y 方向和 z 方向中的任何一个或多个方向进行快速和 / 或慢速游弋。

[0115] 控制器 206 可被构造为控制切削刀架 209 的移动，以在平行于母模表面的 z 方向产生切削工具的慢速游弋，以及在垂直于母模表面的 x 方向产生切削工具的慢速游弋。刀架 209 的运动可以用于在切入母模 200 中的表面中产生变化，该变化的振幅超过快速伺服致动器 238 的行程长度。

[0116] 控制器 206 也可以通过一个或多个快速伺服致动器 238 控制切削工具 208 的快速移动，以产生切削工具的快速游弋，从而可使凹槽的深度和 / 或间距形成连续的高频变化。 切削工具的非常快速游弋也可以用于进行不连续的、断续切削 211，从而在母模 200 中形成突然不连续特征。 可以使用快速刀具伺服 (FTS) 通过切削工具的移动进行断续切削 211。可以通过断续切削形成突然不连续特征，其中切削工具快速地插入母模的表面中然后缩回。

[0117] 可以实现在切削头在表面上方的单程或多个行程期间由连续切削形成的特征和由断续切削形成的特征叠加。 例如，可在一个或多个行程中形成基部结构，而在另一个或多个行程中形成改性特征。 在一些实施例中，在每一个单程期间，使用相同的切削工具外形在表面上方进行多个行程。 在一些实施例中，在表面上方的不同行程期间使用不同外形的切削工具。 在一些实施例中，在单程期间，使用两个或更多个在母模表面上方一起移动的切削头，可以在母模中切出基部结构和改性特征两者，如图 10 所示。

[0118] 可控制切削工具 208 与母模表面 200 之间的角度 θ 。 切削工具 208 的尺寸和形状的选择取决于拟使用母模 200 制备的特定类型的膜。

[0119] 控制器 206 生成控制切削工具 208 移动的控制信号。例如，控制器 206 可以生成涉及刀架 209 的信号，刀架 209 在 x 方向移动切削工具 208 以在母模 200 的表面中切出基本上恒定深度的特征，或在 z 方向移动切削工具 208，以引起切削工具 208 通过螺纹切削或同心凹槽切削切出具有基本上恒定间距的凹槽。 控制器 206 可以在涉及刀架 209 的信号中生成慢速变化，从而使母模 200 中切出的深度产生相应的慢速变化。 该控制器可以在涉及刀架 209 的信号中生成慢速变化，从而使凹槽之间的间距产生相应的慢速变化。

[0120] 控制器 206 可以向一个或多个快速刀具伺服 (FTS) 致动器 238 提供信号，该致动器进一步控制切削工具 208 在 x 方向和 / 或 z 方向的位置。 致动器 238 可以用于产生切削工具 208 在 x 方向和 / 或 z 方向的连续快速移动。 致动器 238 也可以提供切削工具在 x 方向和 / 或 z 方向的非常快速运动，以进行形成突然不连续的离散改性特征 211 的断续切削。

[0121] 每一个改性特征可以具有（例如）大约小于一微米、若干微米、数十微米或较大

的长度。例如，改性特征可以将基础基部结构的峰升高的高度为约 0.5 微米至约 3 微米。

[0122] 控制器 206 产生的控制信号可以与母模 200 的旋转同步。切削工具 208 的移动可以是规则或不规则的。切削工具的规则移动可以是周期性的或非周期性的。在一些实施例中，优选的是对每一个母模重复相同的信号，使得母模包含相同的图案，并且所得的结构为相同的滚筒式结构。在控制器的控制下，切削工具可以产生随机图案或伪随机图案的方式移动。

[0123] 一个或多个致动器 238 可工作，从而以切削刀架 207 的移动通常无法获得的速度移动切削工具 208。每一个致动器 238 包括单轴快速刀具伺服，单轴快速刀具伺服具有换能器（例如压电换能器 (PZT) 或其它换能器），以用于将来自控制器 206 的电信号转换为致动器 238 的移动，从而最终控制切削工具 208 的运动。可以通过一个或多个单轴致动器 238 控制切削工具 208，以使得可以在 x 方向和 z 方向两者移动。

[0124] 快速伺服致动器的响应的频率上限可以在若干千赫到数十千赫的范围内，而切削刀架 209 的频率响应通常为不大于 5Hz。例如，刀架 209 的移动在约 500,000 微米的距离（波长）范围内可以实现的凹槽间距低频变化范围为约 0.5 微米至约 50 微米。刀架 109 的移动以约 2,000,000 微米的波长可以实现的凹槽深度低频变化范围为约 0.5 微米至约 50 微米。致动器 238 产生的行程长度在约 5 微米至约 500 微米的波长情况下可能为（例如）小于 50 微米、或在约 0.5 微米至约 50 微米的范围内。应当理解，在行程长度和频率响应上限之间可以平衡。

[0125] 微复制母模可以形成为具有与所需光学形状互补的特征的圆柱形辊，特征包括本文所述的基部特征和突然不连续改性特征。虽然本文所示的母模为圆柱形辊，但它可以可选地呈其它形状，例如平面、弯曲、凸形或凹形。母模表面通常为硬铜，但也可以使用其它材料，例如铝、镍、钢或塑料（如丙烯酸树脂）。

[0126] 微复制母模一旦形成就可用作母模来制备微复制光学膜。可以使用根据本发明制备的模具来制备光学膜，例如通过在模具上浇注和固化聚合物材料、压印、挤出、压缩模制和 / 或注模方法。通常优选使用浇注 - 固化法，可以制备光学膜的材料包括聚碳酸酯和聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)。制成的光学膜可以是单层的（整体的），或可以包括两层或更多层，使得背衬层包含一种材料，而包括基部结构和改性特征（凹槽和 / 或其它结构）的微结构化层包含另一种材料。可以使用根据本文所述方法制备的母模将微结构化层作为一体结构形成。

[0127] 在本发明的一些实施例中，可通过浇注并固化工艺将母模的结构转移到其它介质（例如聚合物材料的带材或卷材）上，以形成生产工具。此生产工具随后用于制备本文所述类型的微复制制品。这样即得到具有对应于母模表面的表面的制品。也可使用其它方法（例如电铸）来复制母模。该复制品可以称为中间模具，其可随后用于生产微复制制品。

[0128] 图 3 为表示用于切削工具（例如图 2 所示的切削工具 208）的坐标系的示意图。所示坐标系为用于刀头 362 相对于工件 364 移动的坐标系。刀头 362 通常附接到刀头座 360（其附接到与致动器（未示出））。在该示例性实施例中，坐标系包括 x 方向 366、y 方向 368 和 z 方向 370。x 方向 366 的移动表示在大致垂直于工件 364 的方向的移动。y 方向 368 的移动表示在整个工件 364 上的方向（例如在大致垂直于工件 364 的旋转轴的方

向）的移动。 z 方向 370 的移动表示在横向沿着工件 364 的方向（例如在大致平行于工件 364 的旋转轴的方向）的移动。 工件的旋转方向称为 c 方向（如箭头 353 所示）。 当工件采用平面形式（与辊形式相对）时，y 方向和 z 方向则表示在大致垂直于 x 方向且互相正交的方向在整个工件上的移动。 平面形式的工件可包括（例如）由平面材料制成的转盘或任何其它构型。

[0129] 图 4A-4D 为示例性刀头座 490 的视图，刀头座 490 将安装到 PZT 层叠件上以接受致动器的控制。 图 4A 为刀头座 490 的透视图。 图 4B 为刀头座 490 的前视图。 图 4C 为刀头座 490 的侧视图。 图 4D 为刀头座 490 的俯视图。

[0130] 如图 4A-4D 所示，刀头座 490 包括平坦的后表面 492、锥形前表面 494 和具有成一定角度或锥形侧面的凸出表面 498。 小孔 496 用于将刀头座 490 安装到 PZT 层叠件的柱上。 锥形表面 498 可能用于安装加工工件的刀头。 在该示例性实施例中，刀头座 490 包括平表面，当将刀头座安装到 PZT 层叠件上时，该表面提供更大的表面积接触，从而提高了安装稳定性。 刀头座 490 包括锥形前表面以减轻质量。 刀头座 490 可通过使用粘合剂、硬钎焊、软钎焊、紧固件（例如螺栓）或以其它方式安装到 PZT 层叠件的柱上。

[0131] 例如，根据具体实施例的要求，也可能使用其它构型的刀头座。 术语“刀头座”旨在包括任何类型的用于固定工件加工用刀头的结构。 例如，可采用下列材料中的一种或多种制备刀头座 490：被烧结的碳化物、氮化硅、碳化硅、钢、钛、金刚石或人造金刚石材料。 用于刀头座 490 的优选材料为刚性的轻质材料。

[0132] 图 5A-5D 为示例性刀头 500 的视图，该刀头可能通过粘合剂、硬钎焊、软钎焊或以其它方式固定到刀头座 490 的表面 498 上。 图 5A 为刀头 500 的透视图。 图 5B 为刀头 500 的前视图。 图 5C 为刀头 500 的仰视图。 图 5D 为刀头 500 的侧视图。 如图 5A-5D 所示，刀头 500 包括侧面 504、锥形和成一定角度的前表面 506 以及用于将刀头固定到刀头座 490 的表面 498 上的底面 502。 刀头 500 的前部 505 用来在致动器的控制下加工工件。 刀头 500 可采用例如金刚石块制成。 如下文所更详细的描述，可将刀头 500 制成具有各种构造以实现各种切削外形。

[0133] 图 6A 示出用于将切削工具 635、刀头座 636 以及快速工具致动器 618 和 616 安装到车床上的刀架组件 600 的一部分。 刀架组件 600 包括能够固定 x 方向致动器 618、z 方向致动器 616 和切削工具 635 的主体 612。 在该实例中，致动器 616 和 618 为 PZT 层叠件。 PZT 层叠件 618 和 616 被布置为分别在 x 方向和 z 方向移动切削工具 635。 在一些应用中，可以仅使用一个 PZT 层叠件。 为了获得精确控制切削工具 635 的移动所要求的稳定性，PZT 层叠件 618 和 616 被牢固地安装到刀架组件 612 上。 为了接收来自控制器的信号，PZT 层叠件 618 和 616 包括电连接 630 和 634。 PZT 层叠件 618 和 616 可包括一个或多个设置在层叠件与刀头座 636 之间的贝氏弹簧垫圈，以用于预加载。

[0134] 图 6B 为用于切削工具的示例性 PZT 层叠件 672 的示意图。 PZT 层叠件用于使与其相连的刀头移动以及根据压电效应工作，而这在本领域中是已知的。 根据压电效应，施加到某些类型材料上的电场引起材料沿着一条轴线伸展，以及沿着另一条轴线收缩。 PZT 层叠件通常包括封闭在壳体 684 内并且安装在底板 686 上的多种材料 674、676 和 678。 该示例性实施例中的材料采用受 PZT 效应影响的陶瓷材料。 仅以示例性目的示出三个盘 674、676 和 678，可根据（例如）具体实施例的要求使用任何数目的盘或其它

材料，以及其任何类型的形状。 柱 688 连接到盘上并且从壳体 684 突出。 这些盘可用任何 PZT 材料（例如为）钛酸钡、锆酸铅或钛酸铅材料混合、压制、作基底以及烧结而成。例如，也可利用磁致伸缩材料制备该盘。

[0135] 与盘 674、676 和 678 的电连接（如线 680 和 682 所示）为其提供电场，以便使柱 688 移动。 由于 PZT 效应，并且根据所施加的电场类型，可实现柱 688 的精确而微量的移动，例如在若干微米内的移动。 同时，具有柱 688 的 PZT 层叠件 672 的末端可靠着一个或多个对 PZT 层叠件进行预加载的贝氏弹簧垫圈来安装。 贝氏弹簧垫圈具有一定的柔韧性，以允许柱 688 及附接到其上的刀头移动。

[0136] 使用多个致动器以用于切削母模的系统在美国专利申请序列号 11/274723、11/273875、11/273981 和 11/273884 中有所描述，这些专利均于 2005 年 11 月 15 日提交。

[0137] 图 7A-7C 示出使用上述示例性致动器和系统通过横向进给切削对母模进行的断续切削加工。 具体地讲，图 7A-7C 示出使用刀头的可变的入锥角和出锥角，可通过控制母模和切削工具的移动控制这些角度。 图 7A-7C 中的每一个都示出以可变的入锥角和出锥角切削之前和之后母模的实例。 入锥角称为 $\lambda_{入}$，出锥角称为 $\lambda_{出}$。 术语入锥角和出锥角分别表示加工期间刀头进入工件和离开工件的角度。 入锥角和出锥角并非不可避免地对应于刀头移动通过工件时的角度；相反，它们是指刀头接触和离开工件的角度。 在图 7A-7C 中，刀头和母模可使用（例如）上述系统和部件。

[0138] 图 7A 为表示以基本上等同的入锥角和出锥角进入和离开工件 753 的断续切削 750 的示意图。 如图 7A 所示，刀头 751 进入工件 753 中的入锥角 752 基本上等同出锥角 754（$\lambda_{入} \approx \lambda_{出}$）。 刀头 751 进入工件 753 中的持续时间确定所得微结构的长度 L(756)。在使用基本上等同的入锥角和出锥角的情况下，通过利用刀头从工件中移除材料导致大致对称的微结构 758。 该过程可重复进行，以制备由距离 D(762) 隔开的额外的微结构，例如微结构 760。

[0139] 图 7B 为示出进入工件 767 中的入锥角小于离开工件的出锥角的断续切削的示意图。 如图 7B 所示，刀头 765 进入工件 767 中的入锥角 766 为小于出锥角 768（$\lambda_{入} < \lambda_{出}$）。 刀头 765 在工件 767 中的停留时间确定所得微结构的长度 770。 在使用小于出锥角的入锥角的情况下，通过利用刀头从工件中移除材料导致非对称的微结构，例如微结构 772。 该过程可重复进行，以制备由距离 776 隔开的额外的微结构，例如微结构 774。

[0140] 图 7C 为表示进入工件 781 中的入锥角大于离开工件的出锥角的断续切削的示意图。 如图 7C 所示，刀头 779 进入工件 781 中的入锥角 780 为大于出锥角 782（$\lambda_{入} > \lambda_{出}$）。 刀头 779 在工件 781 中的停留时间确定所得微结构的长度 784。 在使用大于出锥角的入锥角的情况下，通过利用刀头从工件中移除材料导致非对称的微结构，例如微结构 786。 该过程可重复进行，以制备由距离 790 隔开的额外的微结构，例如微结构 788。

[0141] 在图 7A-7C 中，用于入锥角和出锥角的虚线 (752、754、766、768、780 和 782) 旨在概念性地示出刀头进入和离开工件的角度实例。 切削工件时，刀头可以任何特定类型的路径移动，例如线性路径、弯曲路径、包括线性运动和弯曲运动的组合路径、或由特定函数限定的路径。 可选择刀头的路径以优化切削参数，例如完成工件切削的总时间。

[0142] 本发明的实施例涉及依靠断续切削以形成改性特征的工艺，其中改性特征包括

由存在基础基部结构斜率的突然不连续的周边所限定的区域。 例如，突然不连续可能涉及（例如）不止约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度的入锥角或出锥角（或每微米的斜率变化）。 每一个改性特征可以在 x 方向或 z 方向切入基部结构中约 0.5 微米至约 3 微米。改性特征的长度可以在从小于一微米至若干微米至数十微米的范围内。

[0143] 图 8 为概念性地示出膜中的微结构的示意图，该膜可用具有断续切削 FTS 致动器的切削工具系统制备，以制备加工过的工件，然后使用该工件制备结构化膜。 如本文所述，可以在基部结构上叠加类似于微结构 806、808 和 810 的特征。

[0144] 如图 8 所示，制品 800 包括顶面 802 和底面 804。 顶面 802 包括断续切削的凸形微结构（例如结构 806、808 和 810），可利用上述致动器和系统制备这些微结构，以加工工件，然后使用该工件、使用涂布技术制备膜或制品。 在该实例中，每一个微结构都具有长度 L，顺序切削的微结构以距离 D 间隔，相邻的微结构以间距 P 间隔。 本文示出涉及具有断续切削微结构（例如图 8 所示与基部结构叠加的那些微结构）的膜的附加举例说明。

[0145] 在一些实施例中，切削工具在形成基部结构时的连续切削运动的变化和产生改性切削的刀头运动中的任一者或这两者都可能涉及沿着相对于母模表面具有 x 分量和 z 分量两者的轨线的运动。 在一些实施例中，沿着轨线的切削（本文称为轨线切削）可以包括一个 x 轴致动器和另一个 z 轴致动器，如图 6A 的刀架组件所示。 在一些实施例中，可使用相对于切削轨线对齐的单轴致动器实现轨线切削。

[0146] 图 9A 示出刀架 900 的一部分，该刀架被构造为将切削工具 910 和单轴致动器 920 安装到车床上。 切削工具 910 和致动器 920 被取向，以使得致动器 920（如 PZT 致动器）的操作产生切削工具 910 的轨线运动。 PZT 致动器 920 的操作沿着具有 x 分量和 z 分量并且与母模表面偏轴的轨线移动切削工具 910。

[0147] 图 9B 示出针对如图 9A 所示的单轴致动器布置的切削工具 910 在 X-Z 平面内的轨线 950。 切削基部结构时，切削工具 910 可沿着轨线 950 前后移动，以在母模表面中切出具有可变深度和可变间距的凹槽。 修改基部结构时，根据（例如）图 40 中的结构所示，可以采用轨线切削切入基部结构的侧面中。 可根据所需 x 分量和 z 分量的量针对单轴致动器调整轨线 950。 最大斜边长度由单轴致动器的行进能力决定。

[0148] 例如，如果 PZT 层叠件具有 20 微米的行进能力，则可旋转致动器，使得产生 3 微米的 x 轴分量。 x 轴分量等于 3 微米且斜边等于 20 微米时，则致动器相对于母模表面以 8.6 度的角 Γ 来取向。 应用勾股定理所计算的 z 轴分量为 19.7 微米。

[0149] 切削工具 910 的刀头可以垂直于母模表面取向或可以与母模表面成一个角度取向。 可以通过多个途径实现刀头取向。 如图 9C 所示，可以在 PZT 致动器 920 与和刀柄 360 之间使用取向垫片 970。 如图 9D 所示，刀柄 965 可以直接包括所需的几何形状。 如图 9A 所示，工具 910 可以所需的角度在刀柄 966 上取向。 如图 9E 所示，可以搭接或形成刀头 905，以容纳所需的取向。

[0150] 如前文所述，图 2-9 所示的车床、切削工具和技术可以通过多种方法中的任一种或多种用于切削基部结构和 / 或改性特征。 例如，可以按照多步骤工艺进行基部结构和改性特征的切削，该工艺涉及使用车床首先在母模中切出螺纹状连续凹槽或同心凹槽序列，然后使用车床在此前切出的凹槽上叠加离散特征。 或者，可以首先在母模表面中

切出改性特征，然后在改性特征上方切出叠加的螺纹状凹槽或同心凹槽。

[0151] 在又一个实例中，可以使用车床在单个或多个行程中切出基部结构和改性特征，该车床具有包括两个或更多个切削工具的切削机构。图 10 示出具有包括两个切削工具 1007 和 1008 的切削机构 1030 的车床，在切削工具 1007 和 1008 在母模表面 1000 上方的单程中，可以使用该车床切削基部结构和改性特征。虽然图 10 中仅示出两个切削工具作为举例说明，但也可以按这种方式使用任何数量的切削工具。

[0152] 当母模在滚筒驱动装置 1004 的控制下绕着轴 1002 旋转时，在控制器 1006 的控制下，可以使用切削工具 1008 和 1007 中的一个，例如通过在母模表面 1000 中进行连续切削以产生凹槽 1010，以制备基部结构。可以使用切削工具 1007 和 1008 中的另一个，例如通过进行断续切削，以制备改性特征 1011。在一些实施例中，连续切削可以产生具有恒定深度和间距的凹槽 1010。在其它实施例中，连续切削可以产生包括快速变化和慢速变化的深度和 / 或间距的凹槽 1010。

[0153] 图 10 中的车床示出结合了切削工具 1007 和 1008、相关的刀架 1027 和 1028 以及相关致动器 1037 和 1038 的切削机构 1030。每一个切削工具 1007 和 1008 都可以沿着 x 和 / 或 z 轴进行独立的快速移动和 / 或慢速移动。可以通过每一个切削工具 1007 和 1008 各自刀架 1027 和 1028 的独立移动使每一个切削工具 1007 和 1008 独立地实现慢速移动。在一些实施例中，切削工具 1007 和 1008 两者均附接到共用的刀架。在一些实施例中，刀架 1027 和 1028 可连接在一起，从而导致连接的刀架 1027 和 1028 两者均一起移动切削工具 1007 和 1008 两者。

[0154] 可以通过提供切削工具快速运动的一个或多个工具致动器 1037 和 1038 来独立操作切削工具 1007 和 1008 中的每一个。切削工具 1007 和 1008 沿着 x、y 和 / 或 z 轴三个维度的移动可以是独立的或非独立的，从而产生切削工具 1007 和 1008 中的一者或两者的快速游弋。快速运动可以用于使凹槽 1010 的深度和 / 或间距产生连续变化，或可以用于实现横向进给切削，以形成产生离散特征 1011 的突然不连续断续切削。

[0155] 例如，每一个切削工具 1007 和 1008 可以通过 x 轴致动器和 z 轴致动器中的一者或两者独立操作。或者，每一个切削工具 1007 和 1008 可以通过单轴致动器沿着上述包括 x 分量和 z 分量两者的轨线移动来进行操作。

[0156] 关于在适用于本发明实施例的母模中切削连续特征和 / 或离散特征应用的额外的信息在 2007 年 12 月 7 日提交的标识号为 S/N 11/952438 以及 2007 年 9 月 21 日提交的标识号为 S/N 60/974245 的共同拥有的美国专利申请中有所描述。

[0157] 在一些实施例中，图 10 所示切削工具 1008 中的一个可以用于制备表面 1000，切削工具 1007 中的另一个可以用于在制备好的表面中切削特征。例如，表面 1000 的制备可以包括平整表面、纹理化表面和 / 或在表面中切出连续特征、离散特征、三角形凹槽、透镜状结构、棱锥、半球、截短结构和 / 或其它特征或其组合。第二切削工具 1007 可以用于修改使用第一切削工具 1008 制备的表面。例如，使用第二切削工具 1007 进行的表面改性可能涉及形成连续特征和 / 或离散特征，或连续特征和 / 或离散特征的各种组合。在一些实施例中，经过制备之后表面的粗糙度显著小于最小的特征。

[0158] 在一些实施例中，可以通过飞切进行基部结构和 / 或改性特征的切削。飞切使用旋转飞切头使切削工具与母模表面接触。当飞切头旋转时，切削工具周期性地切入工

件中。 飞切头和工件可相对于彼此移动，从而使切削元件能够（例如）在工件中切出长凹槽。 例如，如果工件为圆柱形辊，飞切头可沿着辊的外表面的长度方向切出凹槽，可用等于凹槽之间间隔或间距的距离来标记辊，然后沿着辊的长度方向邻近第一凹槽切出另一个凹槽。 这样，整个辊可设置有基部结构，例如连续的纵向凹槽。 也可以使用飞切以在母模表面上形成多个改性特征，方法是相对于工件移动刀头，然后在母模表面的离散位置处进行切削。

[0159] 飞切为铣削的一种类型，通常为不连续的切削操作，这意味着每一个切削元件与工件接触一段时间，然后不与工件接触一段时间，在此期间，飞切头在工作循环的剩余时间内旋转该切削元件，直到再次与工件接触为止。 虽然飞切操作通常是不连续的，但根据需要，通过飞切头在工件中所得的凹槽或形成的其它表面特征可以是连续的（例如由一系列单个但相连的切口形成）或不连续的（由不相连的切口形成）。

[0160] 如上所述，使用飞切切入工件中的特征可以是凹槽，其由刀头旋转时切削元件所切出的顺续凹槽段形成，并且沿着工件的长度方向纵向延伸。 在此布置方式中，是否知道单个切削元件相对于飞切头旋转轴的位置并不重要，因为切削元件只是简单地连续从工件切削材料，直到从工件移开或电机停止为上。

[0161] 类似布置方式的另一个实例是使用飞切头在圆柱形工件表面中切出螺线型凹槽时（在母模表面产生螺纹状凹槽的工艺）的情况。 同样在该情况下，任何单个切削元件相对于飞切头旋转轴的位置并不重要，因为一旦切削元件相对于工件定位，在切削元件停止之前只是简单地连续切削该工件。 换句话讲，如果切削元件首先接触工件的点比如说为 0 度（相对于飞切头的旋转轴），则是否知道切削元件在任何时间点围绕旋转轴定位的旋转角度是否是 5 度、165 度或 275 度并不重要。

[0162] 在一些飞切实施例中，有必要确定作为时间的函数的飞切头相对于工件的位置。 该信息可用于飞切操作，在飞切操作中，应定位飞切头，以形成连续特征（例如凹槽段）、或相对于工件在指定位置中的该工件中的离散特征或其它特征、或这两者特征的元件。 位置测定可以是：绝对的，意指飞切头相对于某个初始点或参考点的旋转位置为已知的；或相对的，意指飞切头相对于某个前述位置的旋转位置为已知的。 例如，通过使用上述简单角位描述，飞切系统的一些实施例允许使用者或系统确定：在第一时间点 (t_1) 时，切削元件位于第一角位 (a_1)；在第二时间点 (t_2) 时，切削元件位于第二角位 (a_2)，依此类推。 如果角位指定为（例如）切削元件首先接触工件的位置（在位置 a_1 处），以及切削元件在工件中已切出凹槽的已知部分或其它特征的位置（在位置 a_2 处），则可激活飞切头，以进行上述操作，其中飞切头配备致动器，致动器用于改变位置 a_1 与位置 a_2 之间的切削元件的位置和取向、或位置和取向两者。 简而言之，知道了切削元件的位置是时间的函数即可让操作人员指定切削元件在任何时间点的位置，从而可使得系统在工件中形成连续特征和 / 或离散特征。

[0163] 在图 11 所示的飞切系统和方法的实施例中，飞切头 1100 包括切削元件 1102、1103，切削元件 1102、1103 保持或装配在刀柄或刀架 1104 中，刀柄或刀架 1104 又可以通过刀片架 1106 附连到飞切头 1100 上。 切削元件 1102、1103 可以是（例如）由刀架 1104 承载的金刚石。或者，切削元件（例如金刚石）可以直接粘结到飞切头或飞切盘上，并且用于在工件中形成特征。 在一些实施例中，切削元件 1102 可以具有与切削元件 1103

不同的几何外形。 例如，切削元件 1103 可以用于在母模工件中切出基部结构，而切削元件 1102 可以用于切出改性特征。

[0164] 飞切头 1100 包括通常固定到基部或平台上的壳体 1110 和电机（例如直流电机），其中电机包括固定到壳体上的定子（未示出）和由空气轴承 1114 支承的旋转心轴 1112，例如该空气轴承可以包括端口 1108。 飞切头 1100 也可以包括位于该飞切头的静止部分和旋转部分之间用于传输信号和 / 或电源的滑环或其它组件。

[0165] 飞切头 1100 也包括编码器，例如测量旋转心轴相对于壳体 1110 的位置（或位置变化）的旋转式编码器。 编码器的一部分通常是静止的，并且相对于壳体或定子或这两者（通常容纳在其中）处于固定位置。编码器的第二部分通常固定到飞切头的旋转部分，例如心轴 1112 上，并且第二部分适于与编码器的静止部分进行交互，以产生指示两部分之间相对移动的信号。 例如，编码器的旋转部分可以具有一系列线条或其它标记，而编码器的静止部分可以通过光学方式检测到是否存在这些线条，以便确定两部分之间的相对运动范围。 编码器（通常为静止部分）随后传输至少一个位置信号，该至少一个位置信号包括有关飞切头位置的信息，并且可被控制器接收并且用于创建指令信号。 指令信号可以传输到（例如）与飞切头或平台相连的电机。 指令信号可以改变（例如）飞切头的速度，或其相对于工件的位置。

[0166] 虽然在本具体实施方式中可以引用由切削头承载的单个切削元件，但切削头可以承载多个切削元件，并且切削元件可以彼此相同或不同。 切削元件可以为单晶或多晶金刚石、碳化物、钢、立方氮化硼 (CBN) 或任何其它合适的材料。 合适的金刚石切削刀头可得自 K&Y Diamond 公司 (Quebec， Canada)。 可以指定切削元件（例如金刚石）的几何形状以及用于切削元件刀柄或刀架的设计，以产生工件所需的表面特征或效果。 通常为可替换的切削元件可以包括不止一个切削刀头或其它特征，如美国专利公布 No.2003/0223830(Bryan 等人）的实例中所述，该专利的内容并入本文中。 金刚石切削元件可在亚微米级进行铣削，包括（例如）通过离子铣削，以制成会形成几乎任何所需构造特征的切削元件。 可根据需要选择飞切头的其它特性。 例如，直径较大的飞切头由于切削半径较大，可用于产生自然具有比直径较小的飞切头所切出的凹槽底部更平的凹槽。

[0167] 图 12 示出根据本发明的飞切系统。 为了便于描述，可以指定参照飞切头 1200 和工件 1299 的坐标系。 该坐标系是任意指定的，其用途是使本发明所提供的图纸在上下文中容易理解，而不是限制本发明的范围。 坐标系相对于切削元件的刀头示出，并且包括互相正交的 x 轴、 y 轴和 z 轴。 与此前所述的坐标系相符， x 轴垂直于辊 1299，在图示实施例中穿过辊 200 的纵轴。 如图 12 所示，y 轴竖直延伸，在图示实施例中与辊外表面的切线平行或一致。 z 轴水平延伸并且与辊的中轴平行。

[0168] 图示实施例中的工件也具有旋转轴 c，工件可以相对于该轴以任一方向旋转。飞切头 1200 具有与图 12 中的 y 轴平行的旋转轴 A。 虽然图示的工件为圆柱形辊，并且在本具体实施方式中可以互换地使用工件和辊的名称，其中工件的特定形状并不重要，可以结合本发明使用其它形状和大小的工件。 如果工件为平面的（例如板或盘）而不是圆柱形的，则可以对各种轴的前述名称进行对应的调整，以有利于在上下文中理解本发明。

[0169] 在该实施例中，圆柱形工件 1299 固定地支承在心轴 1225 上，并且设置有编码器 1226，编码器适于检测心轴相对于固定点或初始点的位置或位置变化。 工件可以是由金

属（例如不锈钢）制成的辊 1299，并且外层为较易加工的金属（例如黄铜、铝、镍磷合金、硬铜）或聚合物制成。 出于简化目的，在本具体实施方式中工件常被称为“辊”，但工件可根据系统变型为平面、凸形、凹形或其它形状的组合。 因此，在本具体实施方式中，术语“辊”旨在举例说明任何合适形状的工件。

[0170] 如图 13B 所示，工件可以在一端处包括测试带 1310，可对飞切头进行编程以在测试带 1310 上切出测试图案，以确定飞切头和工件相对于彼此是否正确地定位和同步。然后可评估在测试带中所形成特征的特性，一旦优化了飞切头和工件的操作，就可在工件的不同部分上进行实际的加工操作。 测试带并非必需，但它们对于确定应该进行什么调整才能使系统的实际性能与系统的所需或理论性能匹配可能是可用的。

[0171] 飞切系统优选地由计算机或控制器 1218 控制，计算机或控制器 1218 可以包括或可操作地连接到以下设备：存储器，其用于存储一个或多个应用程序；辅助存储器，其用于信息的非易失性存储；函数发生器，其用于生成可输出到致动器或其它设备的波形数据文件；输入设备，其用于接收信息或命令；处理器，其用于执行存储在存储器或辅助存储器中或接收自另一个源的应用程序；显示设备，其用于输出信息的视觉显示；或输出设备，其用于以其它形式输出信息，例如扬声器或打印机；或前述设备中的两个或更多个的任何组合。 控制器可以使用电缆 1220 或合适的无线连接来交换数据或信号。 一个可用的控制系统包括输入输出电路和 PMAC 控制装置（可得自 Delta Tau Data Systems(Chatsworth，California)）。 该 PMAC 控制装置将多轴 PMAC2 控制器与放大器相结合，从而得到（例如）飞切头和辊的运动控制。

[0172] 本发明的控制系统使用软件或固件或这两者，其可按已知方式设计，以产生本文所述的结果。 具体地讲，软件优选地允许操作人员创建波形数据文件，该波形数据文件表示以下两者：各个凹槽段或其它表面特征微观级形状；和工件上的凹槽段和 / 或离散特征的宏观级图案（规则或不规则，周期性或非周期性）。 然后，将这些数据文件传输到各种控制系统部件，以控制性能，并且优选地控制切削元件相对于工件的同步。

[0173] 为了编程和协调各种部件的移动，通常使用软件输入所需的参数来创建数据文件，然后波形发生装置将数据文件编译为信号，根据需要将信号传输到驱动装置、致动器以及其它部件。 例如，辊的转速可以设置为从大约 0.001 转 / 分钟至大约 1000 转 / 分钟，飞切头的转速可以设置为从大约 1000 转 / 分钟至大约 100,000 转 / 分钟。 已经测试了大约 5000、大约 10,000 转 / 分钟、大约 25,000 转 / 分钟以及大约 40,000 转 / 分钟的飞切头转速，并且这些转速通常为优选的，因为更高的转速缩短了制备成品工件（例如微复制母模）所需的时间。

[0174] 图示实施例中工件 1299 可以固定地支承在由电机驱动的心轴系统上，电机由控制器控制并且从控制器接收命令。 心轴系统可以包括一个或多个轴承 1222，例如空气轴承或流体静压轴承。 出于简化目的，图 12 中示出仅在辊的一端处的轴承 1222，尽管轴承 1222 可以设置并支承在相对于工件 1299 的任何合适位置。 辊可以通过电机 1224 以任一方向旋转，或，如果工件 1299 为非圆柱形或使用不同的系统进行定位，则可响应控制器 1218 提供的指示进行定位。 示例性的电动心轴系统可以标号 4R 或标号 10R（包括空气轴承）得自 Professional Instruments(Hopkins，Minnesota)，对于较大的工件，则使用得自 Whitnon Spindle Division，Whitnon Manufacturing 公司 (Farmington，Connecticut) 的油

静压心轴系统。心轴系统也优选地包括旋转式编码器 1226，旋转式编码器 1226 适于在所需准确度范围内检测工件 1299 的位置，以及适于将该信息传输到控制器，以使控制器能够以下述方式同步工件 1299 和飞切头 1200。

[0175] 如图 12 所示，飞切头 1200 优选地支承在飞切台 1230 上，飞切台 1230 可以称为“x 台”。x 台 1230 适于沿着 x 轴、y 轴和 z 轴中的至少一者移动，优选地为沿着 x 轴和 z 轴两者，更优选地按顺序或优选地同时沿着 x 轴、y 轴和 z 轴全部三者，将飞切头 1200 以及切削元件 1202 相对于工件 1299 定位。如在本领域中所熟知的那样，x 台 1230 可基本上同时沿着不止一个维度或方向移动，以使得切削刀头 1202 的位置在控制器 1218 的控制之下在三维空间中可轻松定位。

[0176] 可以结合本发明的系统及其部件使用其它常规的加工技术。例如，可以使用冷却液控制切削元件 1202、飞切头 1200、致动器（未示出）或其它部件的温度。可以提供温度控制单元以使冷却液在循环时保持基本恒定的温度。温度控制单元和冷却液贮存器可包括使流体流过或流到各种部件进行循环的泵，并且通常也包括使流体散热的致冷系统以使流体保持基本恒定的温度。使流体循环并提供流体温度控制的致冷系统和泵系统在本领域是已知的。在某些实施例中，也可将冷却液施加到工件 1299 上，以在加工工件 1299 时保持基本恒定的表面温度。冷却液可为油产品，例如低粘度油。

[0177] 加工工艺的其它方面对于本领域的技术人员也是熟知的。例如，辊可以干切削，或使用油或另一种加工助剂进行切削；高速致动器可能需要冷却；任何空气轴承（例如支承心轴的空气轴承）应当使用干净、干燥的空气；心轴可以使用油冷却套等进行冷却。这种类型的加工系统通常适用于说明多种参数，例如部件的协同速度和工件材料的特性，例如待加工金属给定体积的比能量，以及工件材料的热稳定性和性质。最后，PCT 公开 WO 00/48037 中所述类型的某些金刚石切削部件和技术以及美国专利公布 2004/0045419A1(Bryan 等人，转让给本发明的受让人）中所述类型的飞切部件和技术也可以用于本发明的环境。

[0178] 例如，在圆柱形辊的情况下，通过使用与心轴相连的编码器 1226 确定作为时间的函数的工件 1299 的位置，辊 1299 固定安装在心轴上以用于围绕旋转纵轴旋转。用于飞切头以及用于心轴或其它工件支承系统的编码器不但可用于测量速度的目的（如与飞切系统使用的一些常规编码器那样），而且可用于测量位置。编码器可随后传输分别指示飞切头位置或心轴位置的位置信号。这有助于同步工件 1299 的位置以及飞切头 1200 的切削元件 1202 的位置。具体地讲，可以提供编码器，以确定辊的旋转位置、飞切头 1200 相对于飞切头旋转轴的位置、飞切头 1200 相对于另一个轴（例如 z 轴）的位置，以及使飞切头 1200 相对于辊 1299 移动的 x 台 1230 的位置。因此，虽然术语“确定飞切头 1200 的位置”通常结合在飞切头 1200 旋转时确定其位置来使用，但它以可额外包括确定飞切头 1200 相对于其沿着轴的轴向位置或绕轴的旋转位置的位置。通常飞切头 1200 可以相对于任何轴成角度或围绕任何轴旋转（或相对于任何轴倾斜）。

[0179] 在一个实施例中，可以通过提供一个与工件 1299 相连的位置编码器（例如角编码器）和另一个与飞切头 1200 相连的位置编码器来进行同步。当前至少有两种类型的编码器可用，即增量型和绝对型。增量编码器可能较便宜，并且如果与（例如）指示辊或飞切头已知位置的指示信号一起使用，可以有效地像绝对编码器一样工作。与工件

1299（或辊安装于其上的心轴）相连的编码器 1226 应当具有足够的分辨率，以沿着其旋转轴到所需凹槽间距的一部分或被加工到工件 1299 中的其它特征维度内检测工件 1299 的位置。 凹槽间距是从一个凹槽中心到下一相邻凹槽中心的距离，或从一个峰到下一相邻峰的距离，并且通常可为其它表面特征计算对应的维度。

[0180] 在本发明的某些实施例中，可结合飞切头使用的一个编码器可以名称 E5D-100-250-I 得自 U.S.Digital Corp.(Vancouver， Washington)，该编码器设置在飞切头上测量飞切头的角位。 在本发明的某些实施例中，可结合工件使用的编码器可以名称 Renishaw Signum RESM 得自 Renishaw Inc.(Hoffman Estates， Illinois)，该编码器直径为 413mm，行计数为 64,800。 针对应用所选的特定编码器 1226 取决于所需的分辨率、飞切头 1200 或其它部件的最大速度以及最大信号速度。

[0181] 切入工件表面中的特征的深度可以在 0 至 150 微米、优选 0 至 35 微米、或对于制备光学膜的微复制模具甚至更优选 0 至 15 微米或 0 至 3 微米的范围内。 这些范围并非旨在限制本发明的范围，而是可以表示在使用此类模具制备的膜中提供某些光学效果的可用特征等级。 对于辊工件，任何单个特征的长度受到辊围绕其纵轴旋转的速度的影响，因为更难在移动速度更快的辊中切出长特征。 如果切削元件以工件的相背方向移动，一般来讲可能比切削元件以工件相同方向移动更易于形成更长的凹槽。 当串接各个特征以制备连续特征时，连续特征可具有几乎任何长度。 例如，本发明的飞切头可以用于在圆柱形辊的周边周围产生近似螺纹切削的连续特征。 对于离散特征，其长度可以（例如）从约 1 微米至若干毫米，但该范围并非旨在限制本发明的范围。 对于螺纹切削，相邻凹槽之间的间距或间隔可设置为从约 1 微米至约 1000 微米。 特征可具有任何类型的三维形状，例如为对称的、非对称的、棱柱形的和半椭球形的特征。

[0182] 使用本说明书描述的致动器和系统产生的微结构可具有 1000 微米间距、100 微米间距、1 微米间距、或甚至约 200 纳米 (nm) 的亚光学波长间距。 或者，在其它实施例中，微结构的间距可大于 1000 微米。 提供这些维度仅为示例性目的，使用本说明书描述的致动器和系统制成的特征或微结构可具有使用该系统能够加工的范围内的任何维度。

[0183] 在工件为围绕其纵轴旋转的圆柱形辊的情况下，被设置为切出与该轴平行的凹槽或一连串凹槽的飞切头可能需要重新取向，以使得所得凹槽或一连串凹槽确实是平行的。 换句话讲，如果切削元件在辊静止时在辊中会切出平行的凹槽，切削过程中如果允许辊旋转，则（若其它参数保持不变）会在辊中切出略弯曲的凹槽。 补偿此效应的一种方式是使切削刀头成一定角度，以使得切削元件在其切削结束时比在其开始切削时在辊的旋转方向离得更远。 由于切削元件仅在短距离范围内接触辊，尽管辊处于旋转状态，但结果会是在辊表面中近似平行的切削。 可以按其它方式调整系统以实现同样或类似的目标，例如使飞切头能够围绕辊的中心轴旋转，以使得当辊旋转时飞切头跟随辊旋转，但这种方式的实施成本可能昂贵。

[0184] 在用于加工工件（例如图 12 中所示的圆柱形工件 1299）的一种可用系统和方法中，飞切头 1200 设置为其旋转轴 A 平行于 Y 轴延伸，以使得在工件 1299 表面中切出平行于 Z 轴延伸的凹槽或特征。

[0185] 为了根据本发明的各种实施例形成母模，对工件 1299（例如圆柱辊）进行铣削，从而得到所需的表面特征。 辊坯料可以具有外层，将在该外层中切出结构或图案。 在该

层中切出不规则的图案或其它图案之后，可以又在层上涂覆一个多个附加层，这些附加层保护图案、允许准确形成膜或易于剥离、或执行其它可用的功能。 例如，可以在模具上涂覆一薄层铬或类似材料，但该类型的层可能使模具的锋利边缘“变圆”，因此是不可取的。 可使用任何可加工的材料；例如，工件可由铝、镍、铜、黄铜、钢或塑料（例如丙烯酸树脂）制成。 有待使用的特定材料可以（例如）取决于所需的特定应用，例如使用加工过的工件制成各种膜。

[0186] 在一个实施例中，飞切头 1200 相对于工件 1299 纵向移动，以沿工件 1299 的长度方向切出整个凹槽。 然后增加工件 1299 的旋转，并且沿工件 1299 的长度方向切出另一个凹槽。 利用此工艺在母模辊 1350 中制备的凹槽 1351 如图 13A 所示。

[0187] 在另一个实施例中，切削单个凹槽段并且将工件旋转，旋转距离（在外表面处）等于相邻凹槽所需位置之间的所需间距或距离。 然后，切削第二凹槽段并且将工件旋转第二距离，第二距离等于下一相邻凹槽所需位置之间的间距。 重复此过程直到在工件周边周围形成凹槽段。 当工件完整转一圈后，控制器（由于它已经接收了由与工件相连的编码器所发送的位置信号）可将在后续一转步骤期间切入工件中的凹槽段与前一转步骤中的凹槽段精确对齐，以在工件的外表面中形成等同形式的纵向延伸凹槽或其它所需结构。

[0188] 图 13B 示出理想化的工件 1300，其中通过在工件第一转期间的飞切形成单独的凹槽段 1301，然后在第二转期间形成凹槽段 1302，再在第三转期间形成凹槽段 1303，依此类推。 将第二转以及后续旋转期间形成的凹槽段与第一转期间形成的凹槽段对齐，结果为在第一末端与第二末端之间延伸的连续纵向凹槽。 可以延伸凹槽段并使所得凹槽在整个工件的全长上延伸，但可能希望在辊坯料的每一个末端上留出区域，以用于形成测试带或用于其它目的。

[0189] 虽然与常规飞切操作相比时，据信在工件周边周围切出连续凹槽段具有某些优势，但连续凹槽段所叠加工件区域的视觉外观也许是不可取的。 在 1331（在该处第二转期间形成的凹槽段与第一转期间形成的凹槽段叠加）、1332（在该处第三转期间形成的凹槽段与第二转期间形成的凹槽段叠加）处示出这些特征叠加，并且沿着辊的长度依此类推。 可能有利的是使叠加区域的视觉效果或非视觉效果最小化，以改善模具上所制成制品的光学性能。

[0190] 如上所述，使用编码器确定飞切头的位置，并且类似地使用图 12 中的编码器 1226 确定工件 1299 承载在其上的心轴的位置。 由于切削元件通常相对于飞切头处于固定位置，并且工件通常相对于心轴处于固定位置，因此知道飞切头和心轴的位置基本上使操作人员能够了解切削元件和工件的位置。 来自这些编码器的数据被馈送到如图 12 所示的控制器 1218 中，该控制器又可将指令信号传输到电机，例如产生飞切头旋转运动的电机、或产生飞切头 Z 轴运动的电机、或产生其上承载工件的心轴的旋转运动的电机、或前述电机中的不止一个。 确定飞切头与工件位置之间的关系后，即认为飞切头电“连接”到工件上，因为两个部件之间不存在实际的机械传动装置。 根据本发明的飞切头电连接到工件之后，控制器可确定切削元件在其轨道上撞击工件的时间和位置。 在上述共同待审的美国专利申请中所详述的本发明的另一个方面，如果前提条件是切削元件连接到能够产生此类运动的致动器，使用者也可使控制器改变切削元件相对于飞切头的位

置或取向。 例如，使用者可以对控制器进行编程以在工件中产生具有大致线性底部的凹槽，方法是激活每秒可改变切削元件位置数千次的致动器，以使得其遵循预定的切削路径。

[0191] 当飞切头和工件的位置都得到控制后，在实施过程中通常将一个设置为以固定或预定速度旋转，而另一个与之连接（如减速或加速），以使得两者相对于彼此处于正确位置中。 由于飞切头以每分钟数千转的速度旋转，因此其具有相当大的能量、惯性和/或动量，并且实际上可能无法尝试加速或减速飞切头来匹配工件的位置。 相反，可以对飞切头进行编程从而以大致固定的速度旋转，并且可以使其上承载有工件的心轴加速或减速，以使得切削元件和工件相对于彼此处于正确位置中。 该系统可以称为这样的系统，其中飞切头为“主动件”，工件及其对应的心轴为“从动件”。 相反情况也是可以的，即飞切头为工件的从动件，作为第三个实施例，其中飞切头的旋转、工件的旋转和飞切头的 z 轴运动都受到同步控制。 在工件测试带部分上进行的飞切系统实验测试通常有助于确定飞切头和工件是否正确连接以产生所需结果。

[0192] 如上所述，可以在工件中或工件上形成平行于 z 轴的凹槽或特征。 同样方法的变化是在工件中形成与 z 轴成一角度的凹槽或特征，例如将飞切装置相对于其在图 12 中的位置旋转 45 度，如图 14 所示，或将飞切头相对于其在图 12 中的位置旋转 90 度，或以任何其它取向。 可以使用相对于工件成任何角度设置的线性凹槽、或非线性特征、或甚至彼此相交的特征来制备模具。 也可以使用其它角布置方式，包括多组不同角度的平行凹槽，以在辊或工件表面上产生棱柱或其它微结构。

[0193] 在工件中以与 y 轴和 z 轴都成角度的预定图案形成凹槽比平行于 z 轴形成凹槽更为复杂。 正如上述其它实施例中的一些所提及的那样，更为复杂的原因是对于工件形成下一凹槽的每一转，飞切头不是简单地在z方向前进固定的距离。相反，飞切头对于工件每一转在z方向的行程应当以分析方式或实验方式确定，以使得如果需要对齐的凹槽段，在工件连续旋转时后续凹槽段与此前的凹槽段对齐。 例如，如果围绕辊的周边形成一系列 45 度的凹槽段，每一凹槽段相对于此前段在 z 方向稍微前进，然后在辊完整转一圈后在第二转期间形成的凹槽应当与第一转期间形成的凹槽平行，但它们的末端与末端不一定对齐。 该问题的一个解决方案是计算辊完整转一圈后在第二转期间形成的凹槽段应当调整的距离，以便使它们与第一转期间形成的凹槽段的末端与末端对齐。 然后将该距离除以单转期间所形成的凹槽段数，所得的分数加上每一个连续凹槽段之间的间距，以使得工件在完整转一圈后，在第二转期间形成的凹槽段相对于第一转期间所形成的凹槽段按所需距离有效地向前行进。 后续的旋转可使用相同工艺。

[0194] 飞切头可以与图示轴中的一个或不止一个成角度，并且也可以或相反地围绕轴中的一个或不止一个旋转，以使得切削元件在预定位置和取向撞击工件。 例如，飞切头可围绕 x 轴相对于图 12 旋转 90 度，以使得其与 y 轴对齐，然后可围绕 y 轴以（例如）45 度角旋转，以使得切削元件以某种方式撞击工件。

[0195] 相对于常规圆柱形模具（包括平行于或垂直于模具的纵轴的大致线性凹槽），能够相对于圆柱形工件的纵轴成角度地形成凹槽是有利的。 这是因为希望使用片材从而使凹槽相对于片材的侧面成 45 度的使用者通常可能需要从具有纵向或横向延伸凹槽的较大片材上成角度地冲切片材。 这可导致在较大片材的侧面附近形成大量废料。 利用本发

明，可在模具上直接形成具有相对于片材侧面以 45 度角（或任何其它选定角度）延伸的凹槽的片材，当切削片材使用时使沿着片材侧面的废料最少。

[0196] 在图 14 所示实施例中，飞切头 1450 相对于 y 轴成 α 角设置，从而使其能够以相对于工件 1400 纵轴大约 45 度在工件 1400 中形成特征。测量 α 角的坐标系是任意的，该坐标系并非旨在限制可定位飞切头的其它位置或取向。α 角可在 0 至 360 度的范围内。通常，飞切头 1450 可以相对于任何轴成角度或围绕任何轴旋转（或相对于任何轴倾斜）。

[0197] 可通过使用任何合适的飞切头获得本文所述的连续特征和 / 或离散特征。图 15 和图 16 所示的飞切头 1512、1612 分别包括切削元件可固定到刀头上的位置，包括在一个实施例中通过使用可以固定切削元件 1516、1616 的刀片架 1532、1632。飞切头 1512、1612 还包括空气轴承，并且连接到驱动飞切头 1512、1612 的电机，例如直流电机。与飞切头 1512、1612 相连的旋转式编码器感应支承飞切头的转轴的旋转位置，该位置可用，因为如本文所述，随后可用切削元件相对于工件的旋转位置来同步动态控制切削元件的位置。可根据需要选择飞切头的其它特性。例如，直径较大的飞切头由于切削半径较大，可用于形成自然具有比直径较小的飞切头所切出的凹槽底部更平的凹槽。

[0198] 优选地使用切削元件刀片架或刀头座 1532、1632 固定切削元件 1516、1616，并且使用致动器定位或重新定位切削元件 1516、1616（可单独或与刀片架或刀头座一起进行）。虽然在本发明的某些实施例中可以使用刀片架 1532、1632 以有利于更换以及准确定位切削元件，但可以将切削元件 1516、1616 直接安装在致动器上而不使用此类刀头座。刀头座 1532、1632（如果使用）可由以下材料中的一种或多种制成：被烧结的碳化物、氮化硅、碳化硅、钢、钛、金刚石、或人造金刚石材料。用于切削元件刀头座 1532、1632 的材料优选地为刚性的轻质材料。切削元件 1516、1616 可以通过粘合、硬钎焊、软钎焊、或以其它方式、或直接固定到致动器上。

[0199] 为了在由飞切头承载的一个或多个切削元件的位置产生快速变化，提供了至少一个致动器 1528、1628、1629。致动器 1528、1628、1629 可以是实现切削元件位置或取向变化的任何器件，并且可以是快速刀具伺服 (FTS) 的部件。快速刀具伺服通常包括固态 PZT 层叠件，固态 PZT 层叠件可快速调整附接到 PZT 层叠件上的切削工具的位置。可利用具有亚纳米定位分辨率的 PZT 层叠件，它们反应非常迅速，并且在数百万个或甚至数十亿个工作循环之后基本上没有磨损。致动器 1528、1628、1629 通过控制线 1540、1640、1642 电连接到控制器。控制器可以使用来自定位传感器的信息影响处于开环操作或闭环操作的致动器的移动，定位传感器使控制器能够调节定位偏差。

[0200] 在本发明的一个实施例中，致动器 1528、1628 设置在飞切头 1512、1612 与切削元件 1516、1616 之间，用于后者相对于前者进行定位或取向。在其它实施例中，设置不止一个致动器并与每一个切削元件相连，以使得可按照方向或取向或这两者的对应数量控制切削元件的位置或取向。例如，在图 16 中，一个致动器 1628 沿着 x 轴改变切削元件的位置，第二致动器 1629 沿着 z 轴改变切削元件的位置。

[0201] 已经显示可用的一个致动器是 PZT 致动器，例如可以名称 D1CN10 得自 Kinetic Ceramics 公司 (Hayward， California) 的 PZT 致动器，任选在致动器上钻通孔以便于安装。该致动器响应电信号的变化改变长度，其最大行程为大约 9 微米，谐振频率为大约 25kHz（针对系统，包括刀头）或 90kHz（针对压电器件本身）。需要较长行程时，也可

以使用运动放大型 PZT 致动器，可以为音圈致动器或磁致伸缩致动器（例如当前可得自 EtremaProducts，Inc.(Ames，Iowa) 的使用材料名称为“Terfenol-D”的致动器），或其它压电元件。针对应用所选择的特定致动器取决于位移、频率响应、硬度和该应用所需的运动要求，例如旋转运动或弯曲运动。

[0202] 在不止一个切削元件与飞切头一起使用的实施例中，如本文所述，可以与致动器一起使用切削元件中的一个、不止一个、或所有。例如，可以使用具有一个固定位置切削元件和第二动态可控型切削元件的飞切头，以使得前者易于从工件上移除量较大的材料，而后者易于在由固定位置切削元件此前所形成的特征之内或附近形成特定特征。或者，在该类实施例中，“固定位置”切削元件可以是由致动器动态控制但未使用动态控制特征的一种切削元件。换句话讲，致动器可改变切削元件的位置，但控制系统只是简单地将切削元件保持在固定位置处。另外，在切削元件与工件接触期间，切削元件相对于飞切头可保持在恒定位置中，然后在切削元件未与工件接触期间，可改变其位置或取向或这两者。

[0203] 致动器可以通过一条或多条线路、光纤或其它信号传输设备接收不止一种信号或一种信号。例如，致动器可以接收交流电源或直流电源，以产生改变刀架位置或取向所需的动力。致动器也以可接收驱动信号，该信号可能与有待致动器实现的位置或取向改变成比例。致动器可以接收基准信号，例如零电压信号，基准信号允许或引起致动器返回其初始状态、位置、或取向。最后，致动器或相关硬件可以传输反馈信号，反馈信号提供（例如）刀架或切削元件的位置或相对位置的相关信息，以使得可恰当地适应刀架或切削元件的位置或取向的后续变化。所述类型的信号或其它信号可通过专用线路或光纤传输，如果适用，可以沿着单一线路或光纤进行多工传输。如本领域所熟知的那样，本文所述的电源和信号或者任何其它必需或可用的信号传输也可能需要使用滑环或其它机构，以用于将信号从静止部件传输到旋转部件。可能可用的一种滑环可以产品名称编号 09014 得自 Fabricast，Inc.(South El Monte，California)。传输电源或信号或这两者的其它部件包括水银浸湿滑环、光纤旋转接头 (FORJ) 和无触点磁滑环。

[0204] 本发明的另一方面涉及针对存在的与致动器相关的滞后效应进行补偿。相对于本发明的术语“滞后效应”意指致动器（以及因此刀架和相关的切削元件等）在一个方向行进的路径可能与其在相反方向行进的路径不同，但起点和终点基本上相同。如果未对此滞后效应进行补偿，则特征的实际形状与特征的预定形状不会对应，这可能是不可取的。

[0205] 克服所述类型系统中滞后效应的一种方法是使用改进的信号放大器，例如电荷控制放大器，以控制输入致动器的电荷而不是电压。据信这可导致滞后效应减小 10 倍至 20 倍。另一种方法是使用反馈系统，例如包括光子探针的反馈系统，以检测致动器（或刀架或切削元件）在两个行进方向的位置或取向，以及使用该信息控制发送到致动器的信号来补偿滞后效应。这些首先介绍的两种方法可以一起使用。第三种方法是调整涉及致动器的信号波形，以补偿已知的滞后效应。例如，与通过传输 5 伏信号以引起致动器将刀架延伸已知距离、以及通过传输 0 伏信号以引起致动器返回其原始位置（尽管由于该滞后效应，经过的路径不同）相反，可对这些信号进行调整，以使得“出站”和“返回”路径基本上相同。当要在工件中重复形成相同的特征时，该方法据信极为奏效，因

为可重复使用单一的补偿波形，但当连续的特征不同时则效果不好，因为必须为每一个连续特征重新生成补偿波形。

[0206] 用线 1540、1640、和 1642 来表示输入致动器的信号或电源传输连接，如上所述，其可为（例如）电线或光纤，信号或能量或这两者通过电线或光纤从控制器传输到致动器，而就反馈系统而言，则从致动器传输到控制器。 由于 PZT 效应并且基于所施加的电场类型，可产生切削元件 1516、1616 的微量而精确的移动。 另外，致动器 1528、1628、1629 的末端可靠着一个或多个贝氏弹簧垫圈安装，以用于对致动器进行预加载。贝氏弹簧垫圈具有一定的柔韧性，以使得致动器及附接到其上的切削元件移动。 如果致动器具有多个 PZT 层叠件，它就可使用单独的放大器独立地控制每一个 PZT 层叠件，所述 PZT 层叠件用于独立地控制附接到其上的切削元件的移动。

[0207] 在本发明的某些实施例中，选择使用的致动器为动态可控型致动器。 术语“动态可控”及其变化是指允许在不停止飞切头的情况下对刀架（以及任何相关的切削元件）的位置和取向进行调节的本发明特点。 在一个优选的实施例中，刀架（以及任何相关的切削元件）的位置或取向或这两者可以在切削元件切削工件期间被改变，或可以在切削元件不切削工件期间被改变。 例如，本发明的动态可控型飞切头在致动器收到沿着（例如）x 轴改变切削元件有效长度的信号（例如电信号）时，可调节切削元件的有效切削路径。 动态可控型飞切头可以相反地或额外地沿着其它轴、或旋转地围绕一个或多个轴、或这些运动中的不止一种的组合改变切削元件的位置。 这与其它刀头相反，该刀头只允许（例如）在飞切头停止时使用扳手或其它工具静态调整刀头，以改变切削外形。

[0208] 可以使用开环控制系统控制致动器，在开环控制系统中，将一组电脑数控 (CNC) 信号馈送到致动器以控制致动器；或使用闭环控制系统控制致动器，在闭环控制系统中，在旋转期间检测切削元件的位置并且连续使用位置信息以产生或调节用于控制致动器的信号。 本文所述类型的致动器可执行频率为 10kHz 或甚至 50kHz 或更大的顺序指令（基于其收到的信号），并且因此可进行切削路径中的增量调节，从而得到显示具有非常高分辨率的表面特征，或过去未曾使用飞切系统易于产生的特征。 另一方面，致动器可以用于执行 0Hz（就固定信号而言，其中切削刀头的位置和取向未受到动态控制）或更大频率的低速信号。

[0209] 在本发明的另一个实施例中，本发明的动态控制致动特点与工件的位置同步，以获得某些特别有益的效果。 即，无论切削元件的位置如何，与都按照固定的指令集激发动态可控型致动器相反，切削元件的位置与辊的位置同步。 在一个实施例中，辊的旋转位置与飞切头的 z 轴位置协调（同步），该 z 轴位置在预定的范围内有差别，以便在辊中产生非线性的凹槽段，并且切削元件的 x 轴位置与飞切头的旋转位置协调。 切削元件位置的 x 轴变化（可以是规则或不规则的）可形成深度和 / 或宽度有差别的凹槽段，从而可以用于制备具有变化高度和 / 或间距的凹槽的模具。

[0210] 据信，由于切削元件会磨损，并且磨损将导致切入辊中特征的特性发生微妙变化，因此对辊或辊上所形成的工件的详细检查可指示凹槽段序列是否是如上文首先提及的那样沿着辊的 z 轴、或如其次提及的那样沿着周边产生。 换句话讲，使用上文首先描述的 z 轴切削法时，切削元件应当随着每一个顺序凹槽的切削而磨损，以使得当在第一凹槽旁边切削最后的凹槽时，由磨损的切削元件所形成的最后一个凹槽至少在微米级上看

起来显著不同于由未磨损或磨损较少的切削元件所形成的第一个凹槽。 因为两个相邻凹槽或其它特征之间的差异，这可以称为“虚缝”。 在上文其次描述的周边切削法中，围绕辊的周边形成单独的小凹槽段，由未磨损或磨损较少的切削元件所形成的特征应当在辊的第一末端处，而由磨损的切削元件所形成的特征应当看起来在辊的第二末端处。 上述具有“虚缝”的辊和具有“端到端”磨损图案的辊，以及形成它们的方法和使用它们制成的片材或其它物品均在本发明的范围内。

[0211] 可以使用图 11-16 所示的飞切技术通过各种方法来切削基部结构和 / 或改性特征。 例如，切削基部结构和改性特征可以按两步骤工艺进行，该工艺初始涉及飞切基部结构，然后飞切改性特征，使得改性特征叠加在基部结构上。 或者，可以首先在母模表面中飞切改性特征，然后在改性特征上方飞切基部结构。

[0212] 可以用于施加到切削本文所述的基部特征和 / 或改性光学特征的飞切使用有关的其它方面可以存在于均于 2007 年 8 月 6 日提交的共同拥有的代理人案卷号分别为 No.62782US002 和 No.63327US002 的美国专利申请中。

[0213] 在一些实施例中，可以一起使用两种不同的切削工艺来切削基部结构和改性结构。 例如，在一个实施例中，使用车床形成基部结构，并且通过飞切形成改性特征。 或者，可以通过飞切制成基部结构，而通过车床制成改性特征。

[0214] 具有叠加的基部结构和改性特征的加工光学膜在制备具有增强光学特性的导光膜时特别可用。 例如，根据本发明实施例的导光膜可以具有大致平行设置的线性三棱柱阵列，该阵列通过导光或循环光提供增强亮度。 叠加在线性棱柱上的突然不连续的离散特征提供增强的漫射特性和缺陷隐藏特性。 在一些实施例中，基部特征和 / 或改性特征可以结合多个进一步增强膜的漫射特性的额外的衍射元件。 这些附加的衍射元件可以具有平面形状或弯曲形状，平面形状或弯曲形状改变基部特征和 / 或改性特征的几何形状。 例如，如果结合基部结构使用，衍射元件可以改变结构的一个或多个侧面以及结构顶部和 / 或底部的几何形状。 作为另外一种选择或除此之外，衍射元件可以结合改性特征使用，以改变特征的表面，从而增强改性特征的光散射。 可使用具有所需几何形状的刀头形成衍射元件。可以使用刀头（例如本文所示的那些），以用于使用车床或飞切技术来切削基部结构和 / 或改性特征。

[0215] 在车床和飞切工艺中，刀头的形状将特性形状赋予到使用该刀头形成的特征。图 17-21 示出刀头几何形状（图 17A、图 18A、图 19A、图 20A、图 21A）、使用对应刀头切削的微复制母模部分（图 17B、图 18B、图 19B、图 20B、图 21B）、和使用对应母模形成的具有连续基部结构的光学膜部分（图 17C、图 18C、图 19C、图 20C、图 21C）的视图。 所示的刀头特别适用于车床应用，但可以用于车床应用和飞切应用中的任一者。 出于简化目的，在这些视图中未示出改性特征。 在光学膜中形成的基部结构可以包括大致为平面的一个或多个侧面（图 17、图 20、图 21）或一个或多个弯曲的侧面（图 19）。 基部结构的峰可以是锋利的（图 17、图 18、图 20、图 21）或扁平的（图 18 和图 20）。 基部结构不需要为对称的（图 21）。 形成如图 17-21 所示的基部结构之前之后，可以使用相同或不同的刀头几何形状形成改性特征。

[0216] 图 22-31 为包括衍射元件的示例性几何形状视图。 采用这些几何形状的刀头可以用于将额外的衍射元件赋予到基部结构和 / 或改性特征。 例如，具有示例性几何形状

的刀头可以用于车床应用，以在微复制母模中产生对应的结构，而母模又用于制备膜。几何形状也可以在飞切应用中实施。 本文所示的几何形状没有必要按比例示出。 相反，本文所示的几何形状旨在示出提供衍射的特征和结构的形状和构造的实例。 根据所需特性，特征可具有任何维度和间距。

[0217] 在一些实施例中，衍射元件是指膜或制品中引起光衍射的特征，或指模具中的特征，当将模具用于制备膜或制品时，可在膜或制品中产生衍射特征。 如上所述，具有衍射元件的膜或制品由具有对应衍射特征的母模制成。 衍射特征可经过调整，以在由母模制成的膜或制品中获得所需的衍射量。 具体地讲，衍射元件的尺寸和形状连同衍射元件之间的间距可经过设计，以用于特定应用所需的光衍射量或衍射度。 例如，随着衍射元件之间的间距减小，衍射元件引起增加的光衍射。 因此，相隔较远的衍射元件引起较少的衍射，相隔较近的衍射元件引起较多的衍射。 例如，在某些实施例中，衍射元件（例如凹槽）的间距可在 10 微米、5 微米、1 微米内，或在接近特定光波长的距离内。 在一个实施例中，衍射元件包括多个特征，这些特征具有大致三角形的截面形状，并且在它们之间具有 650nm 的间距。 例如，一个实施例包括 28 个这样的特征，每一个特征相隔大约 650nm。 在一些实施例中，衍射特征是指纳米级特征。 例如，衍射元件可具有接近 100nm 的量级或甚至小到 10nm 的尺寸。 如下所示，刀头上的衍射元件的尺寸在由用衍射刀头加工的工件制成的膜上导致尺寸基本上相同的衍射元件。

[0218] 具有图 22-31 所示几何形状的刀头可使用（例如）金刚石块实现。刀头上的衍射元件可优选地通过离子铣削制成。 在刀头上制备衍射特征的其它技术包括微放电加工、磨削、研磨、刻蚀，或将划痕或特征赋予到刀头中的其它方法。 或者，可以传统方式研磨金刚石，然后再精确地粘结在一起，以制备具有衍射特征的宏观工具组件。 作为凹形衍射特征的替代形式，加工过的刀头可具有凸形衍射特征，或具有凹形衍射特征和凸形衍射特征的组合。

[0219] 可采用图 22-31 所示的几何形状加工母模，并且该母模可用于制备上述膜。 例如，可加工母模以制备连续的基部结构和 / 或离散的改性特征，这些结构和 / 或特征也包括图 22-31 所示的衍射几何形状。 由母模制成的光学膜具有互补的几何形状并且可制成独特的衍射和折射光焦度。 这些独特的衍射和折射光学形式在增强膜中的示例性目的是为了从中央视区移出光线提供更多的选择，比仅仅在刀头上设置一个圆角具有更多的灵活性。

[0220] 如上所述，可用经离子铣削的金刚石通过横向进给切削或螺纹切削得到母模。横向进给切削和螺纹切削在美国专利 No.7,140,812 和 No.6,707,611 中有所描述。 在使用由这些刀头加工的母模制成的膜中，不要求必须在膜的每个基部结构或改性特征上存在衍射元件。 例如，横向进给切削可用于使具有衍射元件的基部结构和 / 或改性特征与不具有衍射元件的基部结构和 / 或改性特征交错。 在一些实施例中，衍射特征可仅存在于棱柱的小平面中的一个上。 此类刀头允许对亮度分布进行更精细的光学调整。 衍射元件也有利于在光学膜（如 BEF）中产生更平滑的截止特性或亮度分布。 与使用多个刀头单独产生基部特征和 / 或改性特征以及衍射元件相比，衍射元件也有利于缩短用于光学膜的切削时间。

[0221] 图 22A 示出可用于在两个小平面上均形成衍射元件 2202 和 2204 的剖面几何形状

2200。 在该实例中，所示衍射元件 2202 和 2204 为 V 形凹槽或切口。 衍射元件之间的光栅间距 2203 可以恒定或变化，以产生应当具有价值或所关注的不同性质。 例如，与恒定的光栅间距相比，通过改变光栅间距，可使对应光学膜中的发散分布平滑。 该间距也有助于波长相关性并改善色彩效果。 离子铣削的光栅的形状不一定是 V 形，但通常应当避免负的脱模角。 光栅凹槽或切口的宽度和深度通常会小于一微米，但也可大于一微米。可以利用许多形状来制备切口或凹槽。 对于可见光应用，光栅凹槽之间的距离 2203 通常会在 0.5 微米至 10 微米间距的范围内，但也可以采用其它范围来实现设计目标。

[0222] 使用此设计制备金刚石刀具，其中衍射元件 2202 和 2204 相隔 5 微米（距离 2203），并且每一个衍射元件在整个凹槽上的宽度都是 1 微米。 在这种情况下，所示衍射凹槽表明可实现使光线离开折射、透射的最大区的受控散射，该最大区在膜样品中的大约 31° 处截止。 利用测角计进行的光度测量结果表明，该膜的衍射元件平滑地加宽了亮度分布。 可通过增加光栅间距并减少凹槽或特征的数量来调整亮度分布。 或者，也可通过减小光栅间距并增加凹槽或元件的数量来微调亮度分布。

[0223] 图 22B 示出可用于在两个小平面上都形成衍射元件 2205 和 2207 的剖面几何形状 2201。 图 22B 所示的几何形状 2201 为图 22A 中所示几何形状的变型，其中衍射元件 2205 和 2207 由弯曲部分而不是平坦部分隔开。 下文针对图 23-31 所述的使用离子铣削的金刚石形状的实例为调整亮度分布示出了其它实施例。

[0224] 图 23 所示的几何形状 2306 在一个小平面上具有衍射元件 2308，而在另一个小平面 2310 上没有衍射元件。 衍射元件 2308 可以具有 V 形凹槽或切口并且具有恒定或可变的光栅间距。

[0225] 图 24A 所示的几何形状 2412 具有使用了台阶高度变化 2413 的衍射元件 2414，台阶高度变化在衍射元件当中可以是恒定或可变的。

[0226] 图 24B 所示的几何形状 2409 具有使用台阶高度变化 2415 的衍射元件 2411，台阶高度变化在衍射元件当中可以是恒定或可变的。 刀头 2409 是刀头 2412 构造的变型，其中衍射元件 2411 具有单个成角度的台阶高度变化，而不是在衍射元件的两侧上都具有台阶高度变化。

[0227] 图 25 示出刀头 2516 的几何形状，该刀头具有沿 90 度 (2518) 小侧面 2517 和 2519 的衍射元件 2520 和 2522。 根据设计情况或需要，衍射元件 2520 和 2522 可以靠近顶端或靠近底端（远离顶端）。 另外，衍射元件 2520 和 2522 可沿 90 度小平面壁随意地分布。

[0228] 图 26 示出具有沿着平坦顶端 2625 的衍射元件 2624 的几何形状 2623。 在一个实例中，刀头上的衍射元件的这种构型由金刚石制成，该金刚石的宽度 (2625) 为 10 微米，并具有间隔为 1 微米的 11 个 V 形凹槽 (2624)。

[0229] 图 27 示出的几何形状 2726 具有沿着弯曲顶端 2727 的衍射元件 2728。

[0230] 图 28 示出的几何形状 2830 具有以台阶状形成的衍射元件 2832，例如沿着 90 度小平面具有高度 2833 的台阶。

[0231] 图 29 示出的几何形状 2934 具有衍射元件 2936，其中衍射元件 2936 沿着刀头的大致平坦部分具有透镜状形状。

[0232] 图 30 示出的几何形状 3038 沿着弯曲小平面 3040 具有衍射元件，其中弯曲小平面 3040 由沿着小平面的相邻凹凸部分形成。

[0233] 图 31 示出的几何形状 3142 沿着多个线性小平面 3144 具有衍射元件，其中线性小平面 3144 由沿着小平面的相邻角形平坦部分形成。

[0234] 几何形状（例如上述的几何形状）的应用可以用于制备具有可提供许多有利或可取特性的衍射元件的微复制制品，例如膜。 例如，可将它们用于光管理应用，以用于光导向、使截止角缓和、为光导装置提取光或在现有特征上产生装饰效果，例如在断续切削小透镜上的彩虹效果。 另外，较大微结构上的衍射元件为光的偏转提供额外的自由度。

[0235] 上述几何形状可用于形成宏观级（1 微米及以上维度）和纳米级（1 微米以下维度）的特征，并且可利用一个或多个刀头以连续和 / 或断续切削方式制备这些特征。 此外，可使用刀头在 x 方向、 y 方向、 z 方向或这些方向的组合中在模具中实现切削。 或者，可在不使用致动器的情况下在模具中切出衍射元件，该过程可涉及使用刀头进行连续切削，其中刀头使用（例如）低频伺服在模具表面保持基本上恒定或非恒定的深度。

[0236] 如此前所述，在一些实施例中，微复制母模和使用母模制成的膜可以包括具有特征变型的特征，特征变型由切削工具沿着 x 轴、 z 轴或这两者移动引起。 这些间距和 / 或高度变化可被引入膜中，以改善各种常见的光学缺陷。 棱柱间距的变化有利地减少了光学膜中的莫尔纹干涉图案的外观。 棱柱高度的变化有利地减小了光耦合区域的发生率。

[0237] 在一些实施例中，在 x 方向和 / 或 z 方向显示具有变化的连续基部特征可以与突然不连续的离散特征叠加。 切削工具在 x 方向的移动可用于产生通过特征到特征的图案来表征的几何形状，如图 32 所示，不同图案为较高特征 3201（对应于母模中较深的凹槽）和较低特征 3202（对应于母模中较浅的凹槽）。 切削工具在 z 方向的移动可用于产生通过特征到特征的图案来表征的几何形状，该图案的间距具有变化，如图 33 所示。 在图 33 中，第一组特征 3301 的间距为 p_1，第二组特征 3302 的间距为 p_2。 应该注意的是，如此前所述，特征到特征或沿着任何特定特征发生的变化可以是规则或不规则的。 规则图案可以是周期性或非周期性的。 可以交错使用具有不同特性的特征。

[0238] 在一些实施例中，在 x 方向和 / 或 z 方向沿着特征显示具有变化的基部结构可以与突然不连续的改性特征叠加。 切削工具在 x 方向和 / 或 z 方向的移动可以用于制备沿着特定特征进行的特征变型。 图 34 示出沿着特征长度方向出现高度变化的特征 3401、3403、3405、3407 与沿着特征长度方向出现间距变化的特征 3402、3404、3406、3408 之间的交错。 其它实施例可以包含无高度变化的间距变化或无间距变化的高度变化。

[0239] 在一些实施例中，切削工具在 x 方向和 / 或 z 方向相对快速的连续变化可以连同在 x 方向和 / 或 z 方向较慢的连续变化一起使用。 图 35 示出实施例，其中切削工具的 z 方向移动产生特征到特征的间距变化，使得 $p_3 \neq p_4$。 切削工具在 x 方向的更快速移动产生沿着特征 3510 中的每一个的高度变化。

[0240] 在一些实施例中，切削工具的高频 z 方向移动和高频 x 方向移动两者均用于产生微复制母模和光学膜的基部结构和 / 或改性特征。 可以通过由分别沿着 x 轴和 z 轴产生移动的第一致动器和第二致动器所引起的切削工具移动来实现这些结构。 图 6A 示出包括两个致动器的切削头。 也可以通过使用沿着具有 x 分量和 z 分量这两者的轨线切削的单轴致动器来实现具有 x 变化和 z 变化这两者的结构。 图 9A 示出用于此类轨线切削的切

削头构造，图 36A 和图 36B 示出由沿着轨线切削所形成的具有 x 游弋和 z 游弋的基部结构 3600。 在图 36A-36C 的结构上所示的线条旨在更清晰地示出棱柱的高度变化。 结构 3600 包括棱柱 3610，棱柱 3610 提供棱柱间距 p 的抗莫尔纹变化和棱柱高度 h 的抗光耦合变化这两者。 图 36B 为图 36A 的棱柱膜 3600 的棱柱峰 3610 的剖视图，其示出棱柱高度和间距的变化。 为了比较，图 36C 为结构 3650 的剖视图，结构 3650 具有棱柱，棱柱只有间距变化而没有高度变化。

[0241] 本发明的实施例涉及在微复制母模和 / 或由其制成的膜中形成叠加的基部结构和改性特征的工艺。 例如，根据本发明实施例的基部特征可以具有恒定的 x 轴维度和 / 或 z 轴维度，或可以具有可变的 x 轴维度或 z 轴维度。 特征在 x 轴和 / 或 z 轴的可能变化可以包括慢速变化或快速变化。 基部结构和 / 或改性特征可以包括如图 17-31 所示的各种衍射元件。 例如，在一些实施例中，图 32-36 所示形状的基部特征可以包括衍射元件。 在一些实施例中，改性特征可以包括衍射元件，而在一些实施例，基部结构和改性特征两者均可以包括衍射元件。 此外，具有某些特性或特定类型衍射元件的特征可以与具有其它特性或其它类型衍射特征的特征以任何方式交错。 可以使用车床、飞切和 / 或其它加工方法的任何组合在母模表面切出基部结构、改性特征和 / 或衍射元件。 可以对基部结构、改性特征和 / 或衍射元件的特征图案、密度、面积、深度和比例进行调整以优化光学膜的性能。

[0242] 图 37-44 示出可以结合多个实施例使用的叠加的基部结构和改性特征的示例性构造，尽管对于阅读本发明的本领域技术人员将显而易见，但基部结构和改性特征还可以有许多额外的组合。

[0243] 图 37A 和图 37B 所示的棱柱膜包括以随机图案叠加改性特征的基部结构，其中改性特征产生峰高较大的随机分布区域。 基部结构可以包括如图 37A 所示的锐顶峰棱柱，或可以具有圆顶峰。 改性特征可以具有如图 37A 所示的圆顶峰，或可以具有如图 37B 所示的锐顶峰。 基部结构和改性特征中的任一者或两者可以包括衍射元件。 在图 37A 和图 37B 所示的实施例中，改性特征改变离散区域中基部特征 3751 的侧面，该离散区域涉及基本上小于基部结构 3751 的大部分峰谷距离 3707，并且沿着小于基部结构 3751 的大部分长度 3709。

[0244] 图 37A 示出棱柱膜 3750 的结构，该棱柱膜也对应于用于形成膜 3750 的母模的互补结构。 如图 37A 所示，可通过使用切削工具切削连续的基部结构 3751，随后使用与用于基部特征的切削工具外形不同的切削工具切削改性特征 3755，从而形成母模结构，其中改性切削在 x 方向切入母模表面中较深。 可以通过螺纹切削锐顶棱柱作为基部结构 3751 而形成棱柱膜 3750。 第二切削工具外形（具有比用于基部结构的外形更窄的夹角以及圆顶）用于切削不规则设置的改性特征 3755，改性特征 3755 增加了基部结构 3751 的峰谷深度。 例如，基部结构 3751 的内角可以为约 90°、或在约 40° 和约 150° 之间，改性特征的内角可以为约 40°。 用于制备改性特征的切削刀头的半径可以为（例如）约 3 微米至约 8 微米，以便除了增强耐久性以外尽可能地保留小平面。

[0245] 实际上，所有切削刀头和 / 或棱柱峰都具有某些量度的半径，因此术语“锐顶”和“圆顶”可能适用于与其它棱柱峰有关的棱柱峰。 例如，在包括两个不同半径的峰的构造中，“锐顶峰”可以同样表示与其它峰的关系，“圆顶峰”具有较大的半径。

[0246] 在一些实施例中，基部结构和 / 或改性特征可以额外包括衍射元件，例如图 22-31 中所示的元件。 在一些实施例中，可以使用圆顶的切削工具外形切削基部特征。圆顶外形增强了棱柱的韧性，但可能降低增亮薄膜的增益。 因此，在一些应用中，使用圆顶外形切削不规则设置的离散改性特征可能是有利的。 图 35A 所示的特定结构基本上保留了光学膜的总增益，同时提供了峰高的抗光耦合变化。 使用圆顶或平顶刀具外形形成改性特征，通过圆角化或钝化相对易碎的峰顶，使得这些抗光耦合结构更耐用。

[0247] 使用断续切削形成改性特征（如通过横向进给切削）允许形成离散区域，该离散区域由出现基础基部结构斜率的突然不连续的变化的周边所限定。 在基础基部结构上进行断续切削涉及叠加多个切削波形，例如将与断续切削相关的波形与连续波形叠加。 此方法可用于实现突然不连续，例如，突然不连续的入锥角和出锥角（或每微米的斜率变化）为不止约 0.1 度、不止约 0.2 度或不止约 1 度。 每一个改性特征可以将基础基部结构的峰升高，例如升高约 0.5 微米至约 3 微米。 改性特征可以在从小于一微米至数十微米的范围内。

[0248] 高度的突然变化允许形成叠加在比自身大许多倍的基部结构上的细小离散微结构。 例如，减小各个改性特征的长度或面积和 / 或控制改性特征的长度或面积与基部结构的长度或面积的总比率有利于获得或保持光学膜的增益和 / 或其它特征的能力。 例如，在使用锐顶三棱柱的增亮薄膜中，可能有利的是使基部特征（锐顶棱柱）的面积最大化以保留增益，同时也提供起到层合平衡和 / 或抗光耦合特征的作用的小区域改性特征（较高的圆顶峰）。 通过将基础连续棱柱结构的切削外形与离散改性结构的切削外形叠加，可以形成连续锐顶棱柱和小圆顶离散特征的有利组合。

[0249] 控制各个改性特征的长度和 / 或总面积提供了控制膜与相邻膜之间接触面积的能力，而这在许多应用中是期望的。 由于具有在改性特征周边处产生突然高度过渡的能力，因此使用本文所述的方法在保留增益和 / 或减小接触面积方面是能实现的。 使用突然不连续的改性特征提高了优化设计膜以符合多个参数规格的能力，例如为增益、导光、膜韧性、光学漫射、缺陷隐藏能力、抗缺陷特征、和其它膜特性。

[0250] 在一些实施例中，如图 37A 所示，在使用同步飞切法（如本文更详细的描述）的母模中形成基部结构 3701 和改性特征 3705。 可以围绕工件、沿着工件的圆柱形轴线或在相对于工件的圆柱形轴线具有任何角偏差的方向径向地形成凹槽结构。 在这些实施例中，可实施飞切头的多个行程以形成离散特征。 或者，一个飞切头上的多个切削元件可形成离散特征。 用于形成离散特征的切削工具可通过（例如）快速刀具伺服 (FTS) 致动，以形成离散特征的周边，离散特征从连续特征基础形状开始为突然不连续的。

[0251] 在一些实施例中，可以结合使用螺纹切削和同步飞切法，以切削初始基部结构和离散改性特征两者。 例如，在图 37A 的实例中，可初始使用螺纹切削以产生连续凹槽 3751，然后使用同步飞切以形成离散改性特征 3755。 可以依靠切削工具在整个表面上的多个行程或依靠多个切削工具的单个行程形成基部结构和 / 或改性特征。

[0252] 反之，可初始使用飞切法以产生基部结构，随后使用螺纹切削法以形成离散改性特征。 切削工具的 FTS 致动有利于形成具有突然不连续周边的改性特征。

[0253] 图 37B 示出棱柱膜 3700 的结构，该结构也对应于用于形成膜 3700 的母模的互补结构。 在该实例中，锐顶棱柱形成基部结构 3701。 例如，该基部特征的内角可以为约

90° 或其它角度。 离散的改性特征 3705 通过沿着基部特征 3701 的峰在 x 方向更深地切入形成。 在该实施例中，改性特征 3705 使用锐顶切削工具形成。 例如，改性特征 3705 的内角可以为约 40° 或其它角度。

[0254] 图 38 示出棱柱膜 3800 的结构，该结构也对应于用于形成膜 3800 的母模的结构。 在该实例中，可以通过此前所述的连续切削技术和断续切削技术形成基部特征 3801 和改性特征 3805。 例如，可以通过使用不包括 FTS 操作的连续切削技术形成基部结构 3801。 改性特征 3805 则可以通过动态切削工艺进行断续切削形成，其中切削工具使用 x 轴 FTS 致动器来移动。 可使用相同的切削工具几何形状形成基部结构 3801 和改性特征 3805。 形成改性特征 3805 的断续切削沿着形成连续基部结构 3801 的凹槽更深地切入母模表面中。 在该实例中，改性特征增加了棱柱的高度（对应于母模表面上凹槽的深度）。此外，在延伸量小于基部结构 3801 的大部分长度 3809 的离散区域中，改性特征 3805 也沿着基部结构 3801 的大部分峰谷距离 3807 改变基部结构 3801 的侧面。 在一些实施例中，改性特征 3805 可以沿着基本上所有峰谷距离 3807 改变基部结构 3801 的侧面。 可调整基部结构 3801 与改性特征 3805 的比例，以实现所需的光学膜特性。在一些实施例中，可以使用圆顶切削工具切削基部结构和改性特征中的一者或两者。 可以选择改性特征区域对未改变的基部结构的总面积百分比为如 25％、35％或其它数量，从而得到（例如）指定的增益、缺陷隐藏能力和膜韧性。

[0255] 在一些实施例中，通过切削工具沿着母模在 z 方向的横向运动形成离散特征。图 39 示出棱柱膜 3900 的结构，该结构也对应于用于形成膜 3900 的母模的结构。 膜 3900 包括基部结构 3901，基部结构 3901 与（例如）使用形成凹槽的切削工艺切入母模中的细长形凹槽相对应，该凹槽具有大致恒定的深度和间距。 在一个或多个后续切削步骤期间，可通过 FTS 致动器沿着 z 轴移动具有与用于切削基部结构的工具相同或不同几何形状的切削工具，以更深地切入凹槽的侧面中。 所得的膜包括改性特征 3905，改性特征 3905 在沿着凹槽 3901 的侧面位置处改变连续特征 3701 的斜率。 基部结构 3901 的峰可能受到或可能不受 z 轴切口的影响。

[0256] 在一些实施例中，可以通过切削工具沿着 x 方向和 z 方向两者进行轨线切削的移动形成改性特征。 例如，如图 40 所示，可以通过使用单轴致动器按照图 9A-9E 所示的工艺进行轨线切削或通过使用单独的 x 和 z 致动器移动切削工具来形成改性特征 4005。 轨线切削可能或可能不影响基部结构 4001 的峰。 如图 40 所示，改性特征 4005 可以仅在凹槽 4001 的一侧不对称地形成。

[0257] 无论是基部结构还是改性特征或是两者，都可以额外包括如此前结合图 22-31 所述的衍射元件。 在图 41A 所示的实施例中，基部结构 4101 包括没有衍射元件的锐顶峰，改性特征 4105 包括圆顶峰。改性特征 4105 中的一者或多者包括衍射元件 4106。改性特征 4105 通过使用切削工具在 x 方向沿着形成基部结构 4101 的连续凹槽的规则或不规则位置处更深地切入而形成。 衍射元件可以仅用于改性特征中的一些，并且不必在每一个改性特征上使用相同的衍射元件图案。 例如，具有一个衍射元件图案的改性特征可以与一个或多个没有衍射元件或具有不同衍射元件图案的其它改性特征交错。 在图 41A 所示的实例中，改性特征 4105 影响了基部结构 4101 的峰和沿着至少大部分小平面的侧面这两者，其中小平面沿着在基部结构 4101 离散位置处的峰谷距离方向。 在一些实施例中，改

性特征可能主要或专门影响基部结构的顶部，或可能主要或专门影响基部结构的侧面。

[0258] 图 41B 示出包括叠加在基部结构上的两类改性特征的棱柱膜的结构。 在该实例中，基部结构 4151 具有锐顶峰。 第一类改性特征 4155 包括锐顶峰和衍射元件 4156。 第二类改性特征 4160 包括圆顶峰。 图 41B 所示的构造可以在母模中形成，方法是首先切出用于形成锐顶峰 4151 的凹槽基部结构，然后切出具有衍射元件 4156 的第一改性特征 4155，最后切出圆顶特征 4160。 应该注意的是，圆顶特征 4160 可能或可能不与具有衍射元件的特征 4155 同时出现。

[0259] 基部结构和 / 或改性特征（或基部结构和 / 或改性特征的一部分）可以呈多种形状。 例如，基部结构和改性特征中的任一者或两者均可以包括弯曲、凸形的、凹形或有小平面的侧面和 / 或弯曲、凸形、凹形或有小平面的峰。 基部结构和 / 或改性特征当中可以存在形态多样性之处在于，不是每个基部结构都显示具有相同的形状和 / 或不是每个改性特征都以相同的方式改变基部结构。 例如，考虑以下情况 ：一种或多种类型的改性特征可以同时或单独地沿着基部结构中的每一个出现，一种或多种类型的改性特征可以从基部结构到基部结构交错出现，一种或多种类型的基部结构可以交错出现，或基部结构和改性特征可以多种其它组合出现。 具有多种形状的改性特征可以随机地、半随机地或以任何其它方式叠加在基部结构上。

[0260] 图 42 所示构造中，基部结构 4201 为三棱柱，改性特征 4205 包括沿着基部结构 4201 的峰谷距离 4207 在基部结构绝大部分小平面上方延伸的弯曲侧面。 在一些构造中，改性特征在沿着峰谷距离 4207 在基本上所有小平面上方改变基部结构。 在该实例中，改性特征 4205 具有形成“尖端拱门”形状的大致弯曲侧面或圆形侧面。 例如，通过图 2B 所示的切削刀头的顶部示出尖端拱门。 图 42 的构造特别可用于发散光线，同时保持较高光学增益。 增强的光发散能力有利于灯泡的隐藏，并且减少了在恰好光源上方的区域可引起亮点的强光。

[0261] 图 43 示出包括叠加在基部结构上的改性特征的构造。 改性的基部结构与其它棱柱类型交错。 图 43 所示的构造包括具有锐顶峰的棱柱的基部结构 4301。 与基部结构 4301 叠加的是具有圆顶峰的不规则设置的改性特征 4308。 与改性的基部结构 4301 交错的是引入棱柱间距变化的棱柱 4302。

[0262] 可以通过首先为线性棱柱切出凹槽，接着在凹槽上叠加改性特征，最后交错使用切削工具在 z 轴移动的变化形成的凹槽来实现图 43 所示的构造。 这些步骤的顺序可以重排。 可以通过切削头在母模表面上方的多个行程或使用多个切削工具在单程中执行该步骤，多个切削工具中的一些为动态可控的，安装在图 10 的车削系统或图 11 的飞切系统中所示的一个切削头上。 轨线切削可以用于形成棱柱间距变化，其也在沿着辅助棱柱 4302 的棱柱高度中插入变化。 例如图 43 所示的棱柱构造有利地包括 ：抗光耦合元件，其由改性特征 4308 产生的增加的高度所形成 ；和抗莫尔纹元件，其由交错的棱柱所提供的棱柱间距变化所形成。

[0263] 在图 44 所示的光学膜中，基部结构 4401 包括具有峰高变化的圆顶峰的三棱柱，但可以使用锐顶峰、平顶或钝顶。 具有 z 轴移动的连续切削在棱柱膜中形成连续的改性特征 4405。 该工艺可制备的膜包括可用于抗光耦合的峰高变化、可改善耐久性的增加的峰半径和 / 或可用于抗莫尔纹的沿着凹槽的峰间距变化。 在一些实施例中，可以使用具

有平顶或钝顶峰的工具形成改性特征 4405。 通过使用本文所述的轨线切削技术的连续运动重新切削直凹槽形成另一种可用的结构。

[0264] 图 45A-45C 示出膜在不同倍率下的摄影图，该膜包括一系列叠加改性特征的基本棱柱结构。 图 45C 清楚地示出，改性特征 4505 包括由周边 4506 限定的离散区域，该周边在基部结构 4501 的形状中呈现出突然不连续。 改性特征 4505 可结合基部结构 4501 使用，从而针对各种类型的光学膜（包括利用一系列连续基本上线性棱柱的增亮薄膜）得到增强的漫射特性、改善的耐久性、更少的缺陷和 / 或缺陷隐藏。

[0265] 根据本发明实施例的母模和 / 或由母模制成的膜可以包括本文所述的特征、结构、方法或它们的组合中的一者或多者。 例如，光学膜、母模以及用于制备这些部件的系统和方法实施时可以包括所述有利特征和 / 或工艺中的一者或多者。 此类光学膜和母模（连同用于形成此类部件的系统和方法）旨在不需要包括本文所述的所有特征，但实施时可以包括提供可用结构和 / 或功能性的所选特征。

[0266] 具有改变围绕光学特征的高度、斜率（或一般来讲形状）的突然不连续区域的光学膜可以用于控制光学膜的各种特性。 例如，具有较高特征区域的膜可用于提供抗光耦合特征，使膜更耐用（即较少易受刮伤的影响），以及用于改变膜的亮度分布，从而在较大的角度下得到更多的光。 在增亮薄膜中，锐顶更锋利的棱柱，即具有较小夹角或半径的棱柱导致较高的增益。 通过改变夹角较小的棱柱与内角较大的棱柱的相对数量，可以针对给定应用获得增益、耐久性、灯泡隐藏和抗光耦合特征之间的所需平衡。 另外，不规则设置的离散特征可用于减轻由连续特征的规则设置引起的莫尔效应。

[0267] 在一些实施例中，如通过在基部结构的一个侧面或小平面上主要或专门叠加改性特征，可以不对称地修改该基部结构。 如果期望不对称的光学特性，例如从膜实现或支持优选的光方向，这些实施例特别可用。 可能期望不对称的光方向，例如在用于手持装置的显示器中，预计使用者向下朝装置观看时，通过将光向上导向观察者来优化显示器的亮度。

[0268] 本文所述的技术（例如）在连续光学膜棱柱的多起点并列型切削时提供了多个优点，该方法已经被采用，从而在相同工件上得到不同的棱柱结构。 多起点并列型切削法包括固定比率的棱柱形状（即对于双行程，一个形状占 50％，第二形状占 50％），因此对于光学性能或制备限制可能并非最佳。 另外，此方法产生棱柱形状的规则图案（即对于双行程，每隔一个棱柱是相同的），因此对于减少莫尔纹图案或缺陷隐藏可能并非最佳。

[0269] 例如，如果在膜构造中需要较大峰谷高度的锐顶棱柱和圆顶棱柱两者，可使用双行程多起点并列型切削法来产生此几何形状。 然而，在每隔一个棱柱的阵列中，该构造可能限于 50％的圆顶棱柱和 50％的锐顶棱柱。 50％的比率对于平衡耐久性和光学性能可能并非最佳，并且规则的阵列图案可导致莫尔纹问题。 使用以规则图案或不规则图案改变的基部结构可以用于解决这些问题并制成优越的膜构造。

[0270] 根据多个实施例的光学膜制备工艺的优点是能够产生在膜整个表面上具有任何比率的随机分布特征的 BEF 膜。 另外，可以这种方式叠加改性特征，总体上保留现有 BEF 小平面的基础结构，从而保留膜的同轴增益。 改性特征时在实施时可以包括抗光耦合特征、抗莫尔纹特征、耐久性特征、层合平衡、灯泡隐藏、缺陷隐藏特征、漫射特征和 / 或衍射特征，其中任一种都可针对不同应用改善光学膜的特性。 优化改性特征相对

于基础基部结构的比率可能有助于平衡光学性能问题以及机械、制备和 / 或环境问题。

[0271] 例如，产生离散特征与连续基部结构棱柱相结合的断续切削工艺允许形成减少分层棱柱膜构造相互作用的平衡。 另外，可优化这些平衡特征的比率和 / 或位置，以平衡层合粘附性、光学性能和莫尔效应。 在监视器中使用增亮薄膜作为耐久性第一表面是另一个实例，其中如本文所述形成的膜应当特别有利。 如此前所述，可引入规则设置或不规则设置的圆顶、平顶或钝顶刀头改性特征以改善膜的耐久性及提高抗刮伤能力。 可优化圆顶特征和平顶特征的比率和位置，在减轻莫尔效应的同时保持耐久性与光学性能之间的平衡。

[0272] 出于说明和描述目的对本发明的多个实施例进行了上述描述。 这些描述并非意图详尽列举本发明或将本发明限定为本发明所公开的精确形式。 可以按照上述教导得到许多修改形式和变型形式。 这意味着本发明的范围不受此具体实施方式的限制，而是受所附权利要求书的限制。

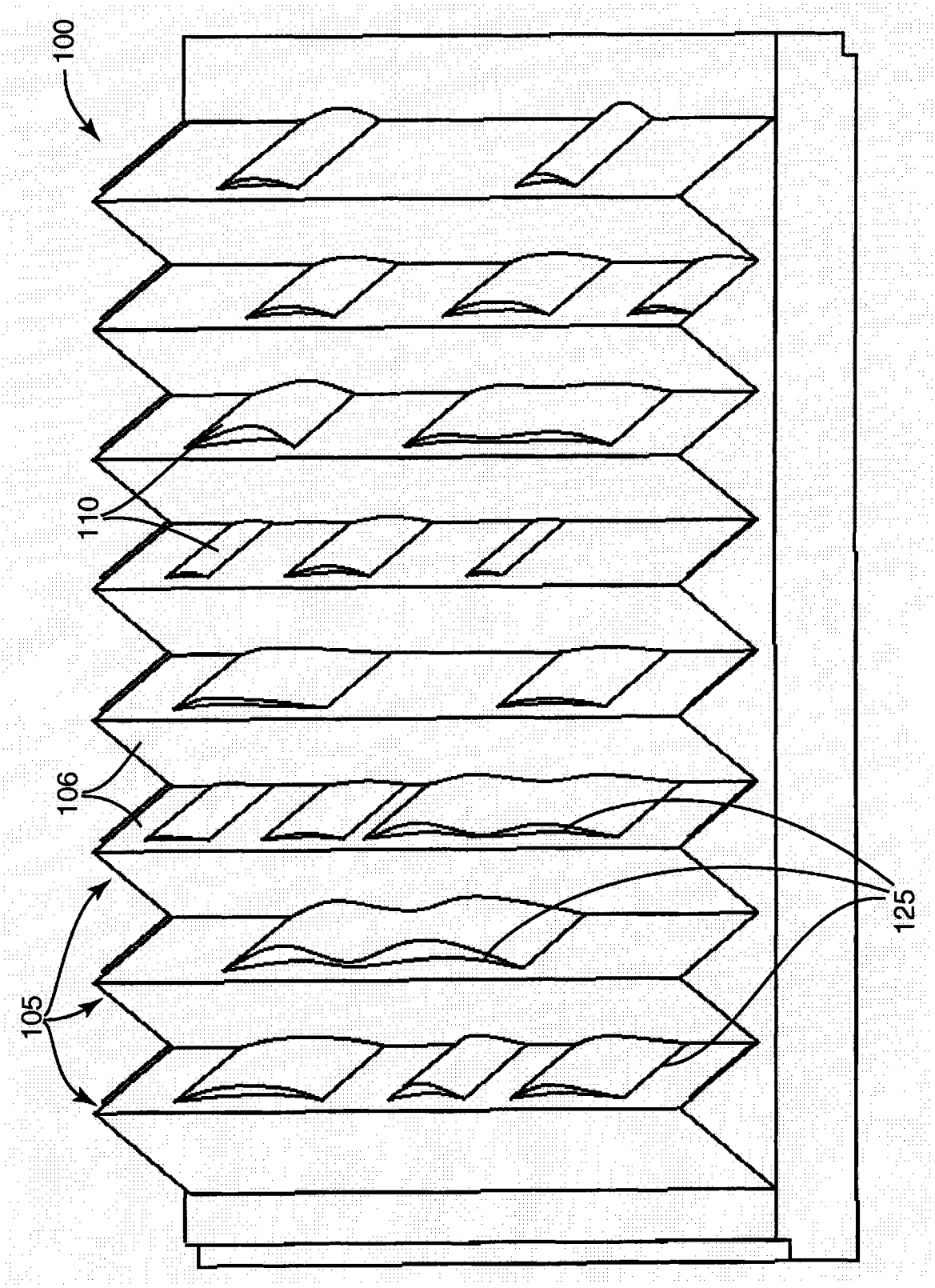


图 1

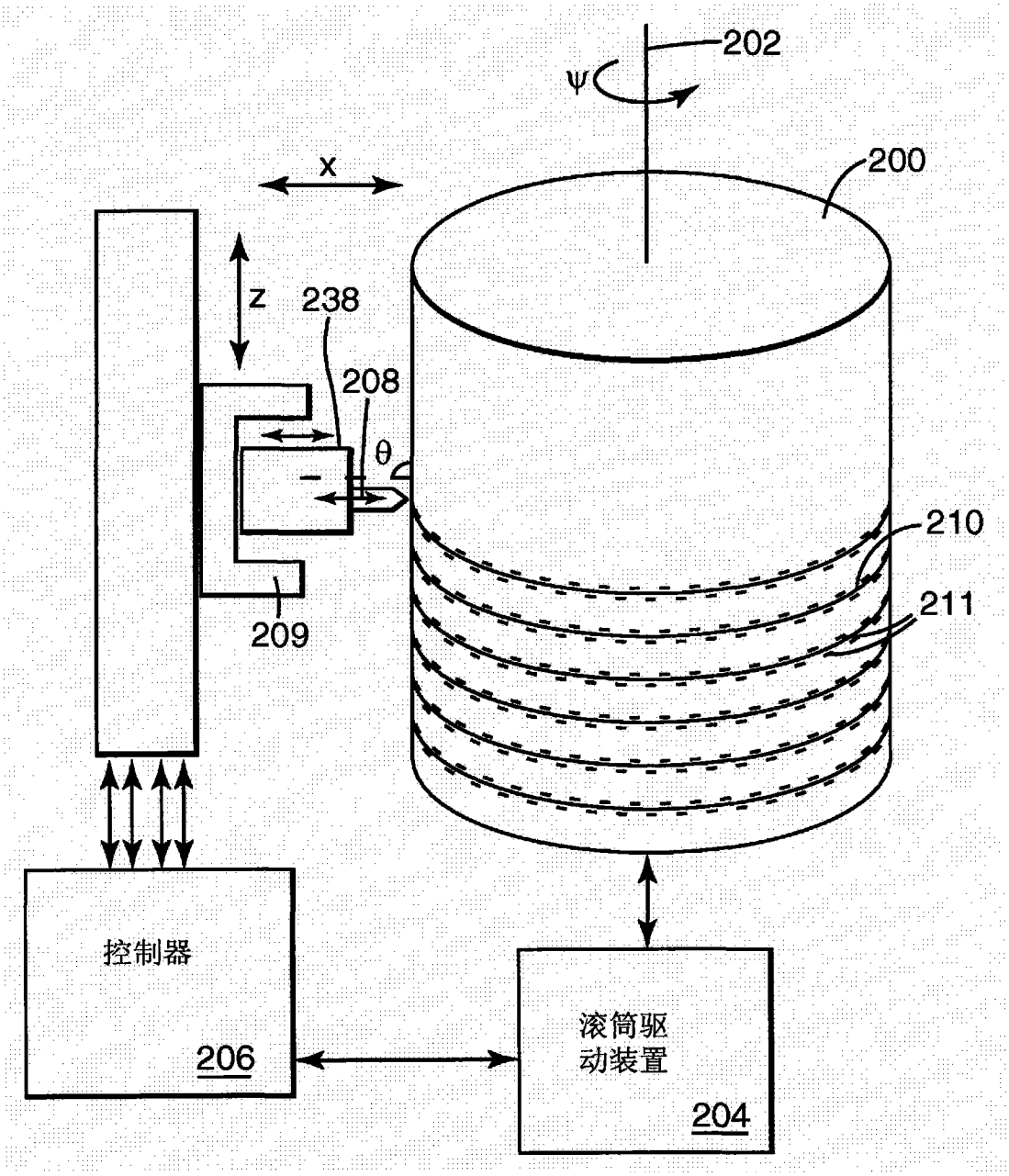


图 2

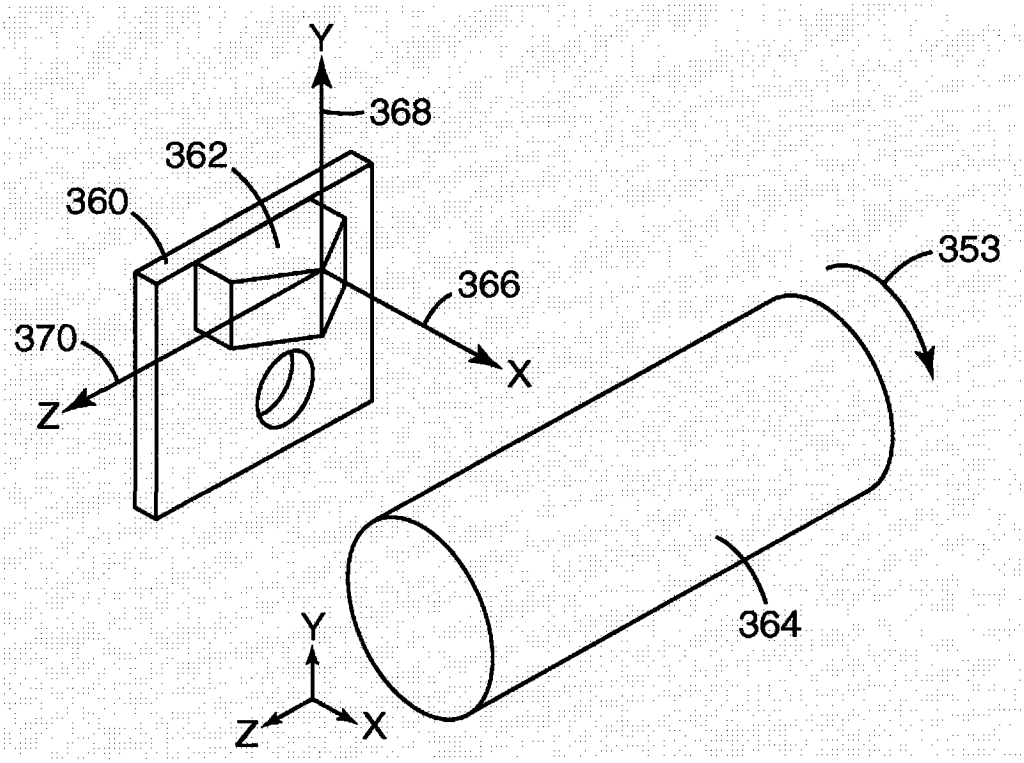


图 3

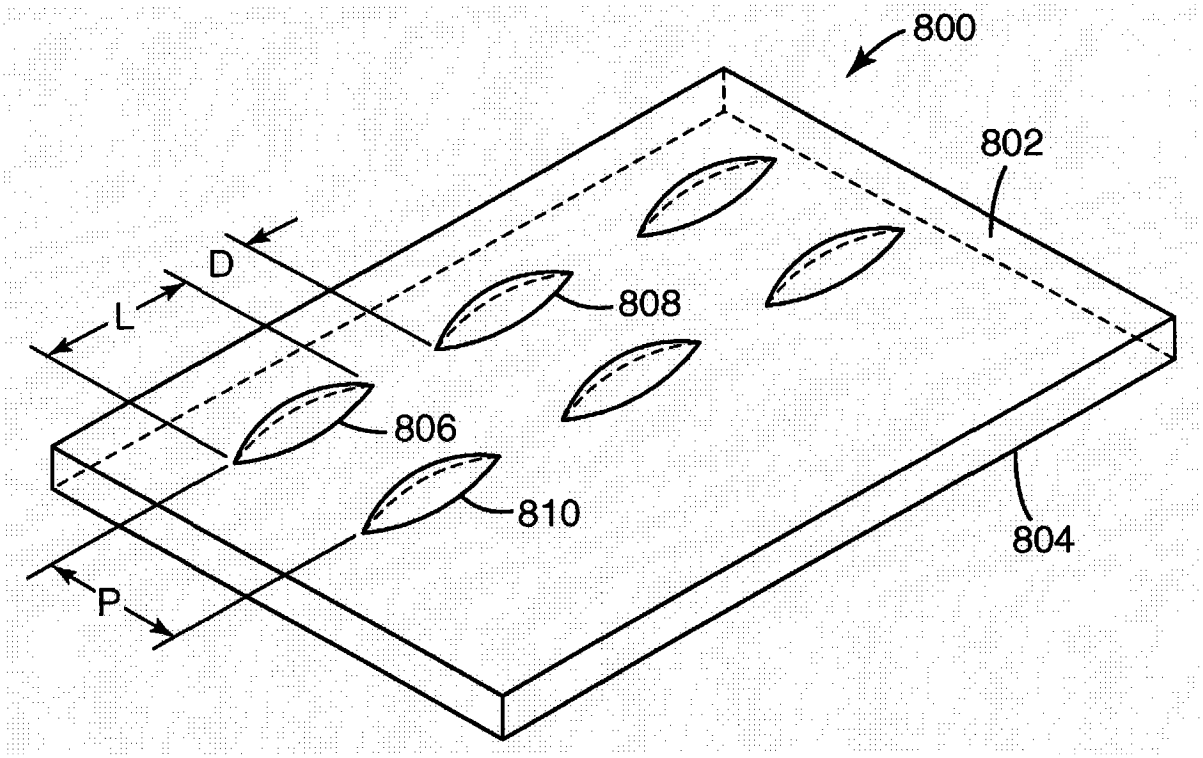


图 8

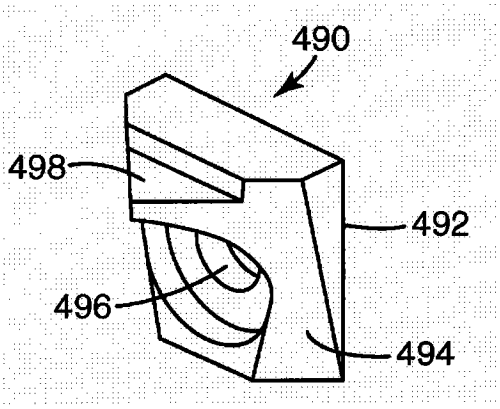


图 4A

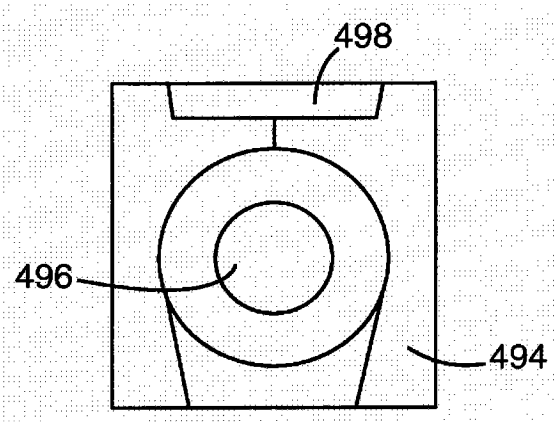


图 4B

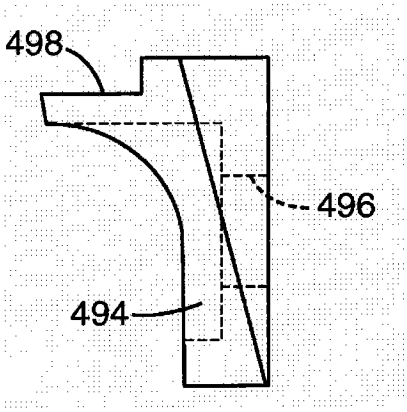


图 4C

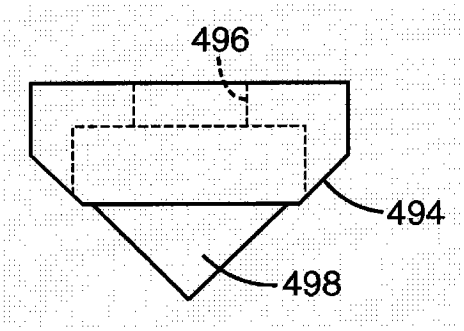


图 4D

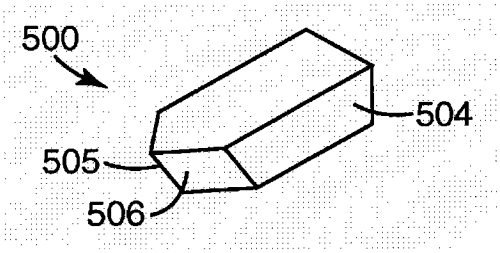


图 5A

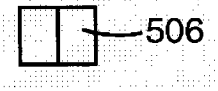


图 5B

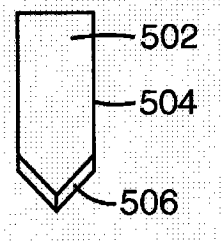


图 5C

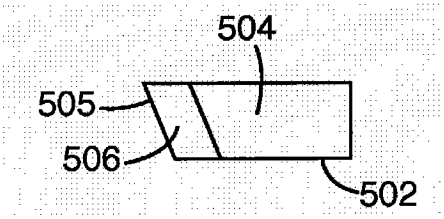


图 5D

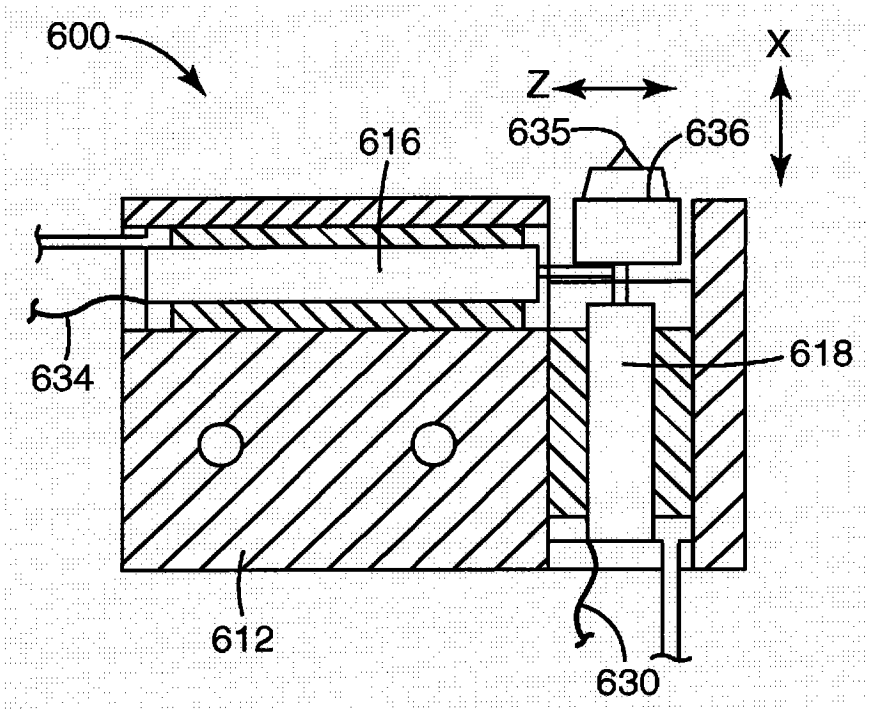


图 6A

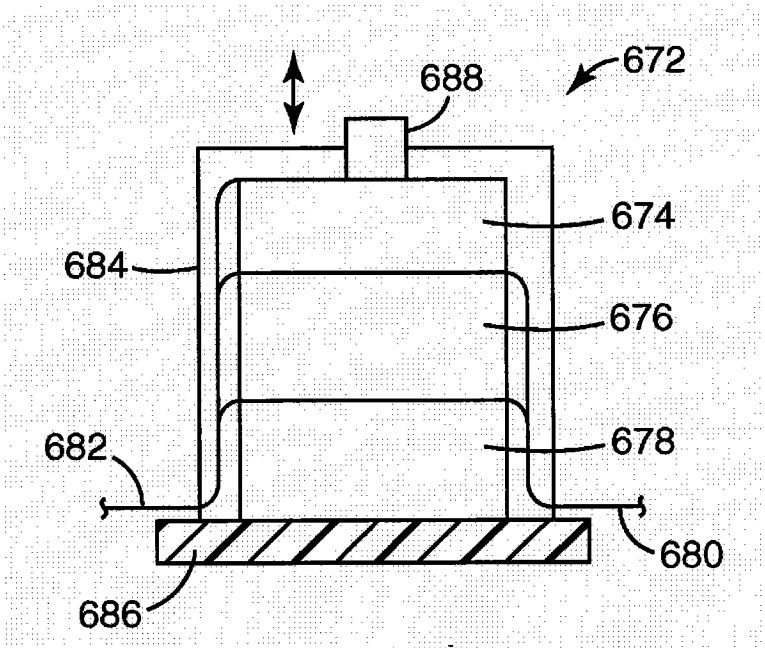

672
688
674
684
676
682
678
680
686

图 6B

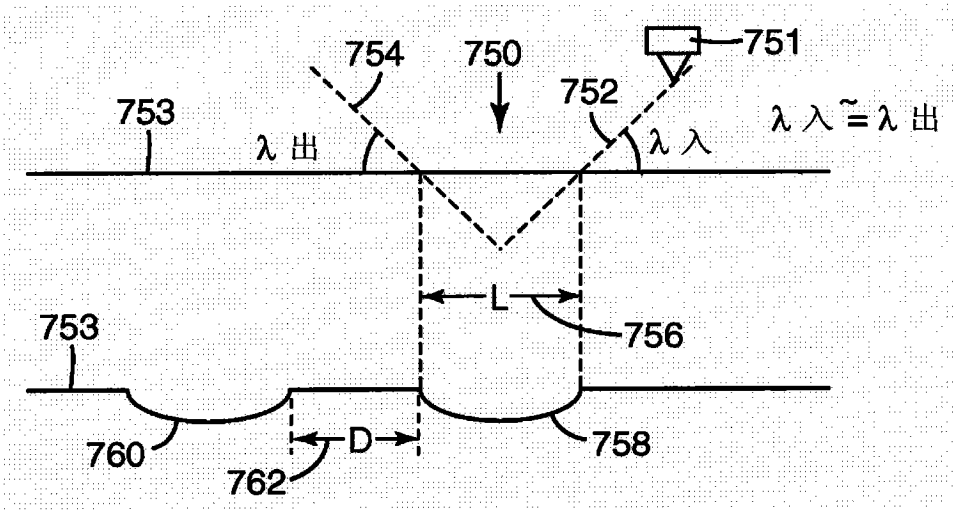

754
750
751
753
752
λ 出
λ 入
λ 入 ≅ λ 出
L
753
756
760
D
758
762

图 7A

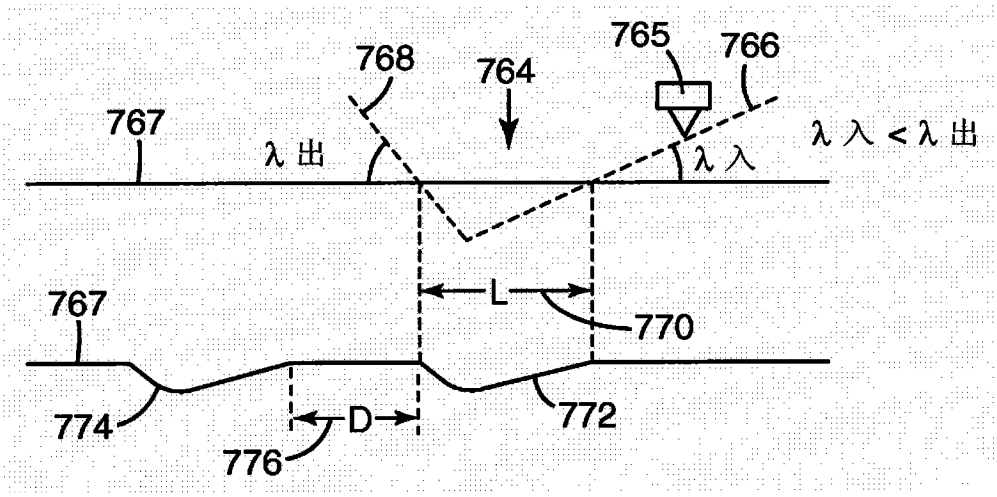

768
764
765
766
767
λ 出
λ 入
λ 入 < λ 出
L
770
767
774
D
776
772

图 7B

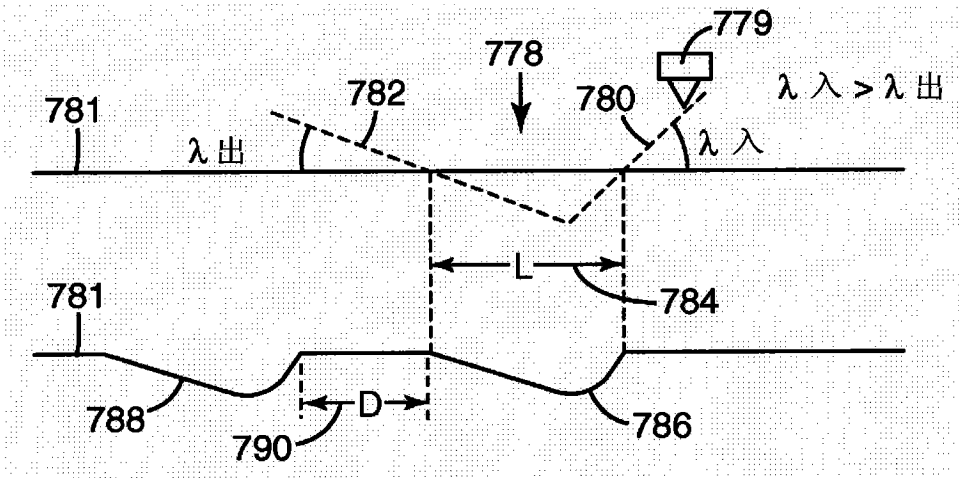

779
778
782
780
781
λ 出
λ 入
λ 入 > λ 出
L
784
781
788
D
790
786

图 7C

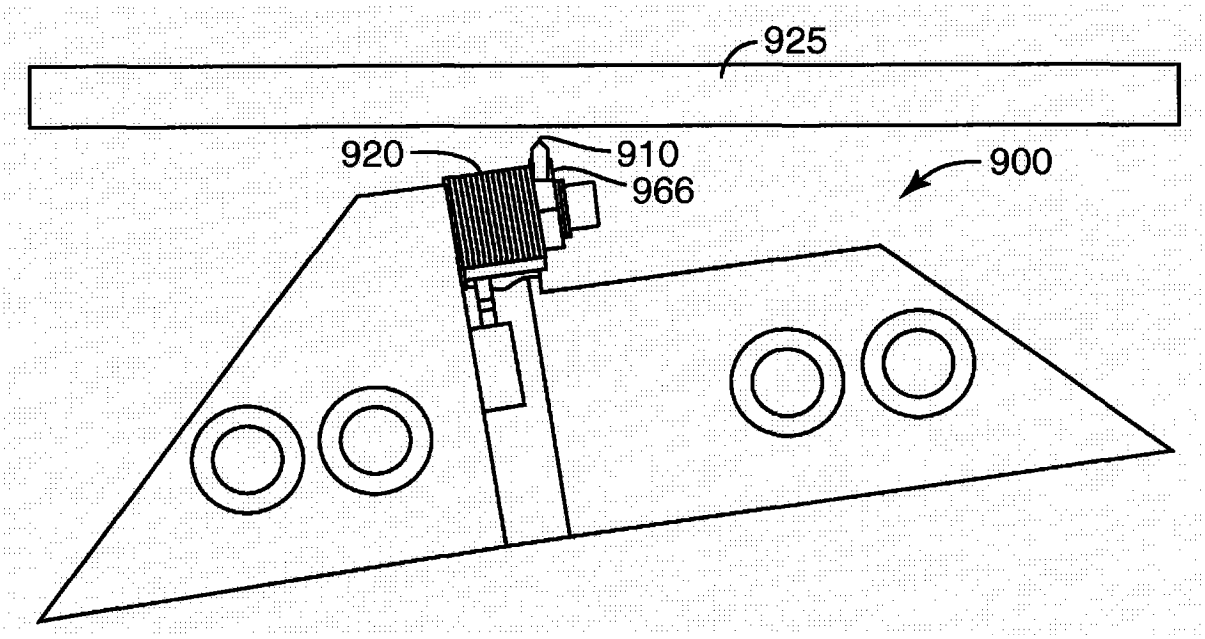


图 9A

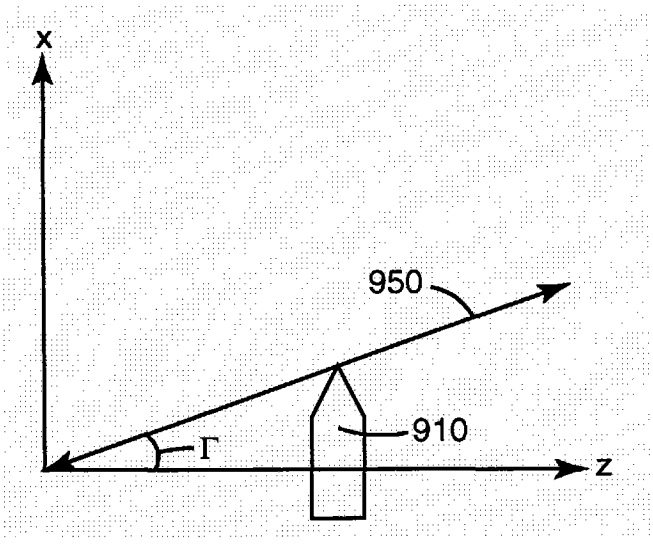


图 9B

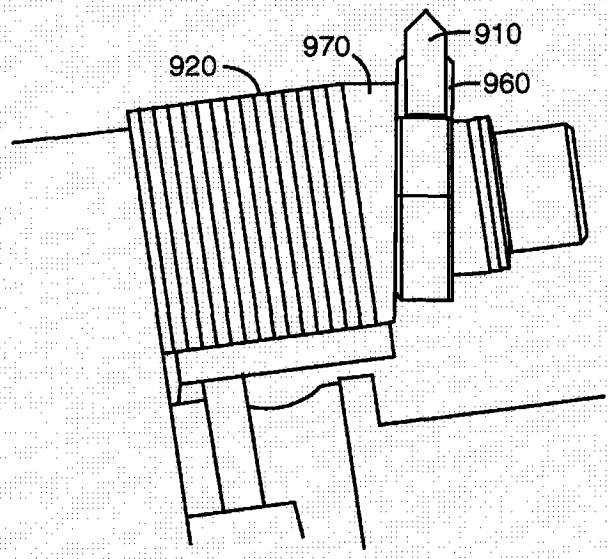


图9C

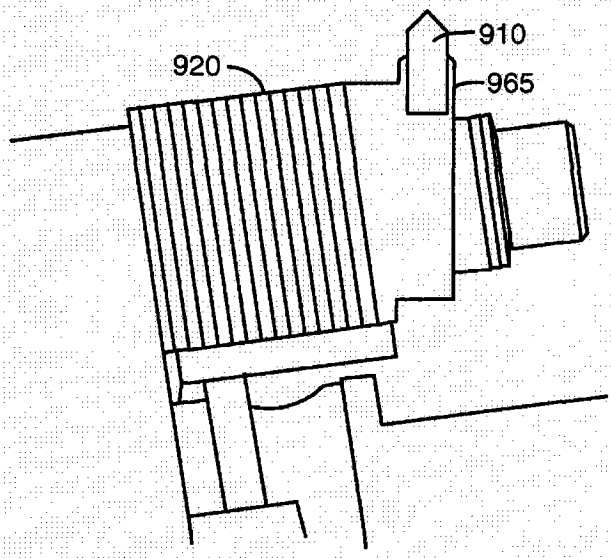


图9D

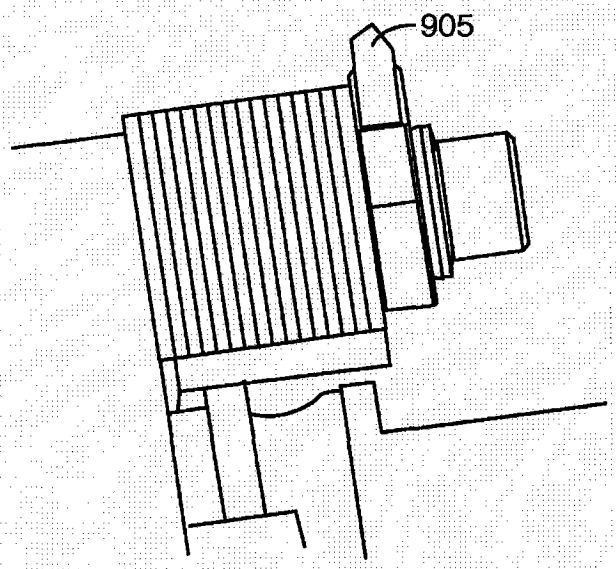


图9E

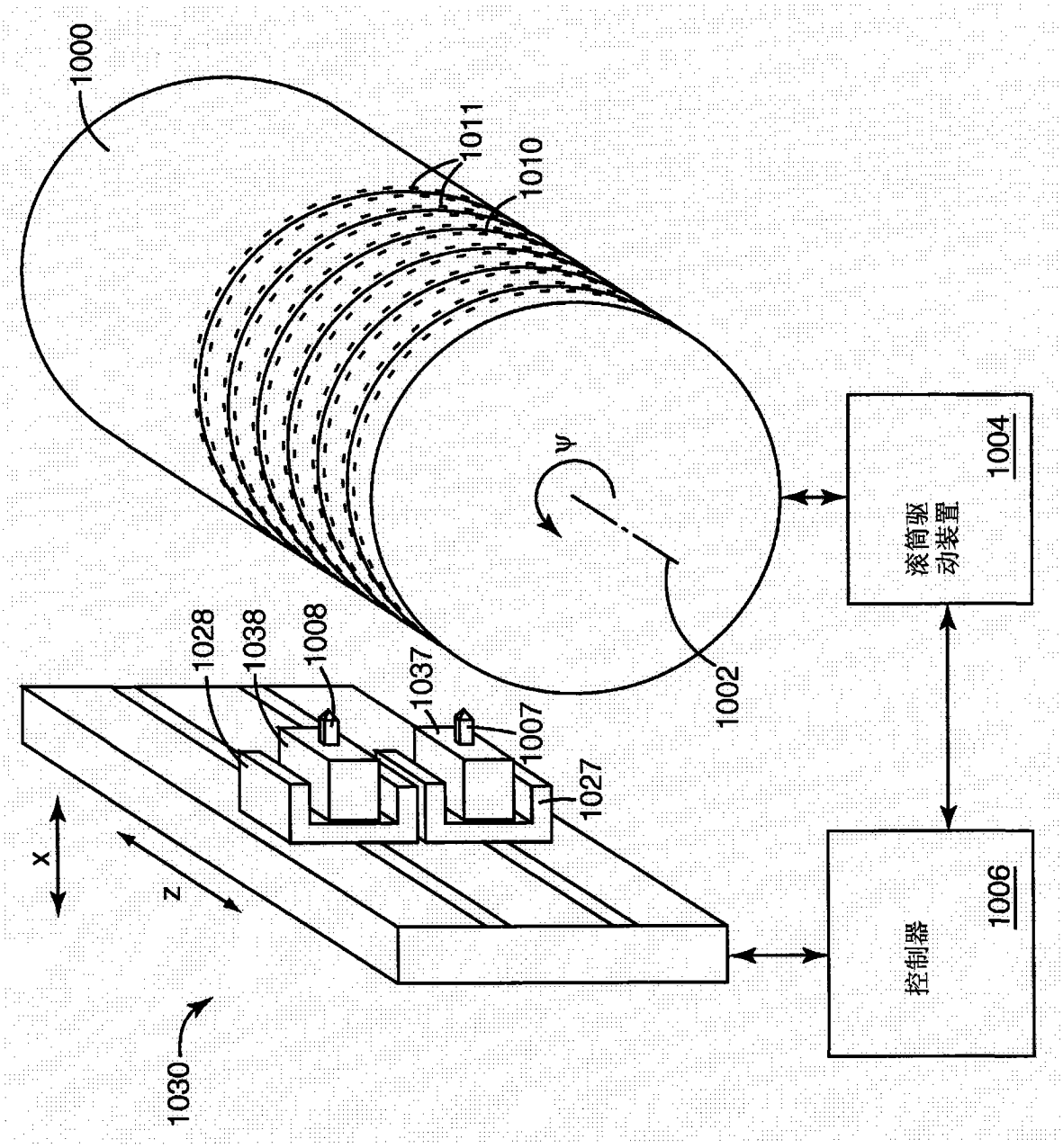

1000
1011
1010
ψ
1002
滚筒驱动装置
1004
1028
1038
1008
1037
1007
1027
x
z
1030
控制器
1006

图 10

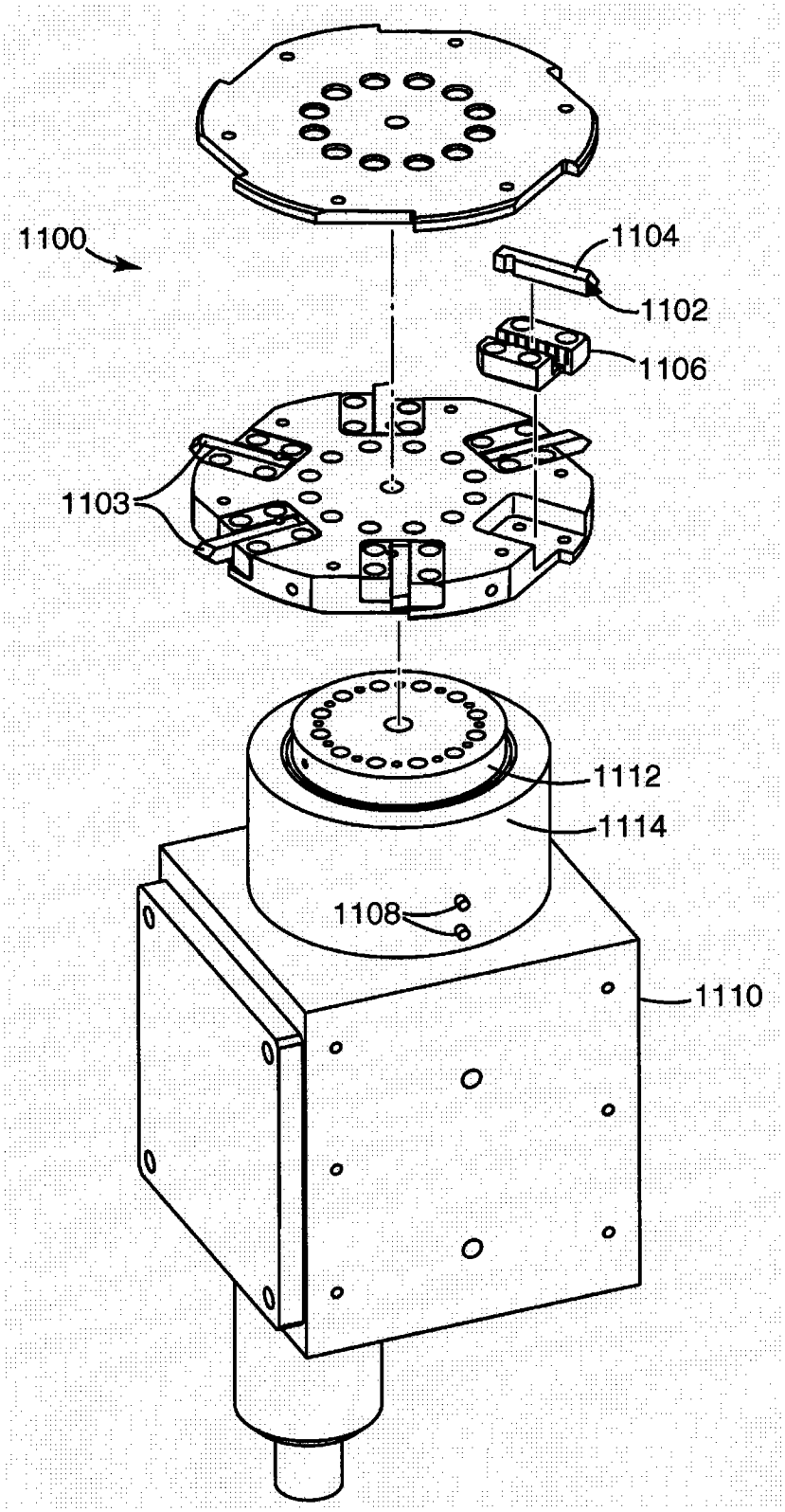


图 11

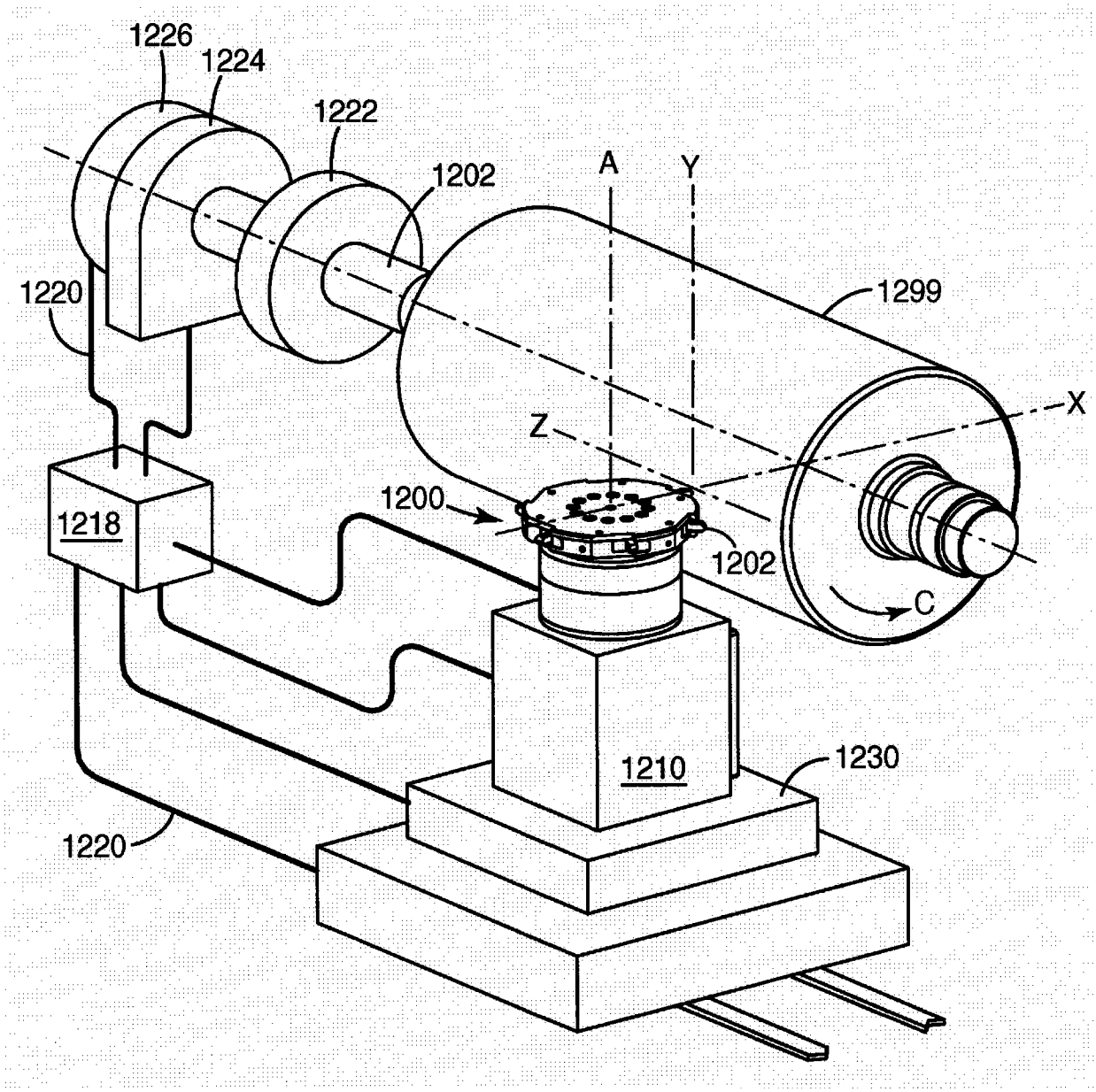

1226
1224
1222
1202
A
Y
1220
1299
X
Z
1200
1218
1202
C
1210
1230
1220

图 12

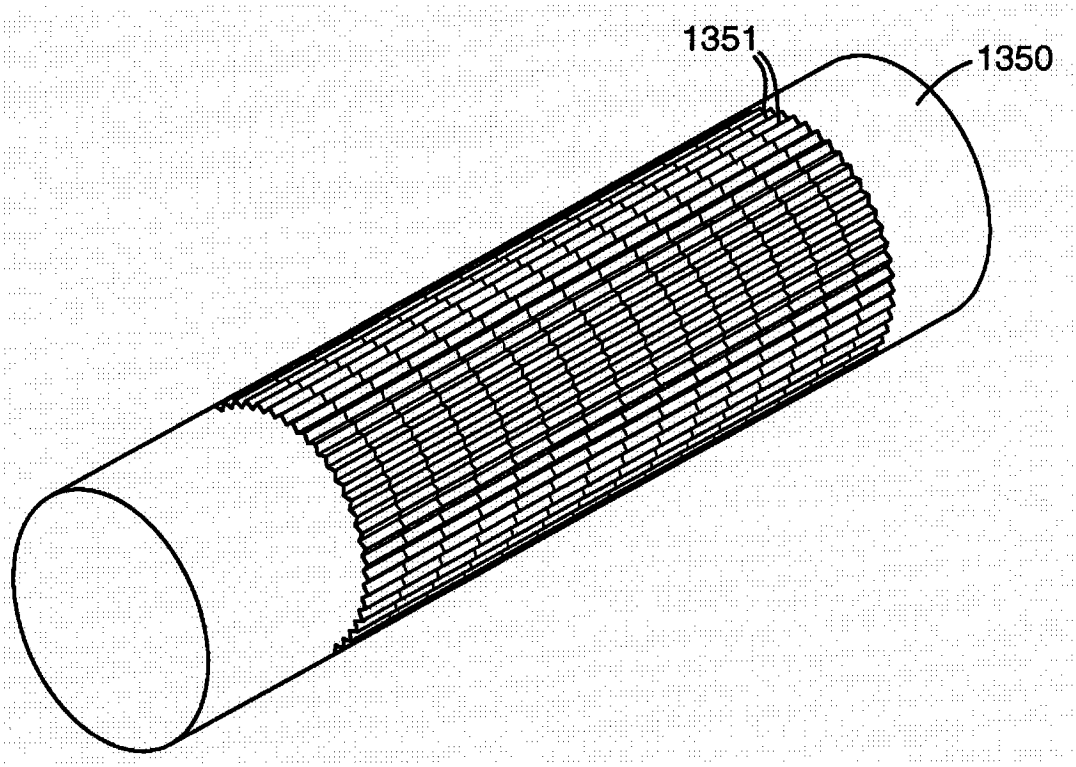


图 13A

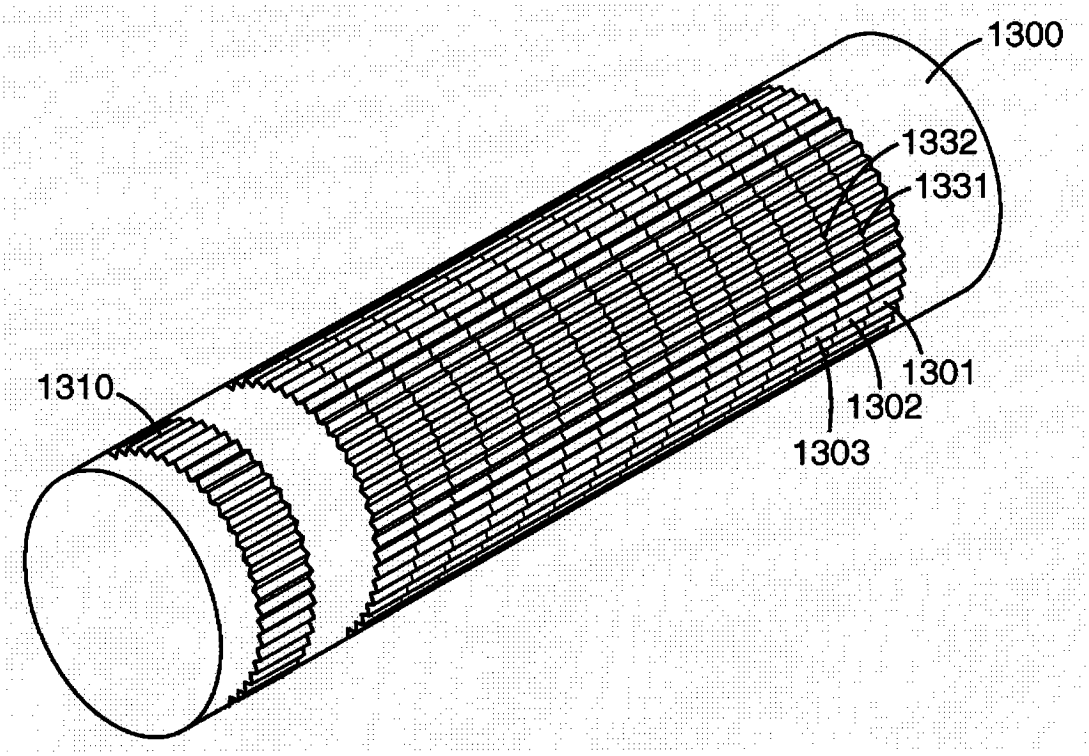


图 13B

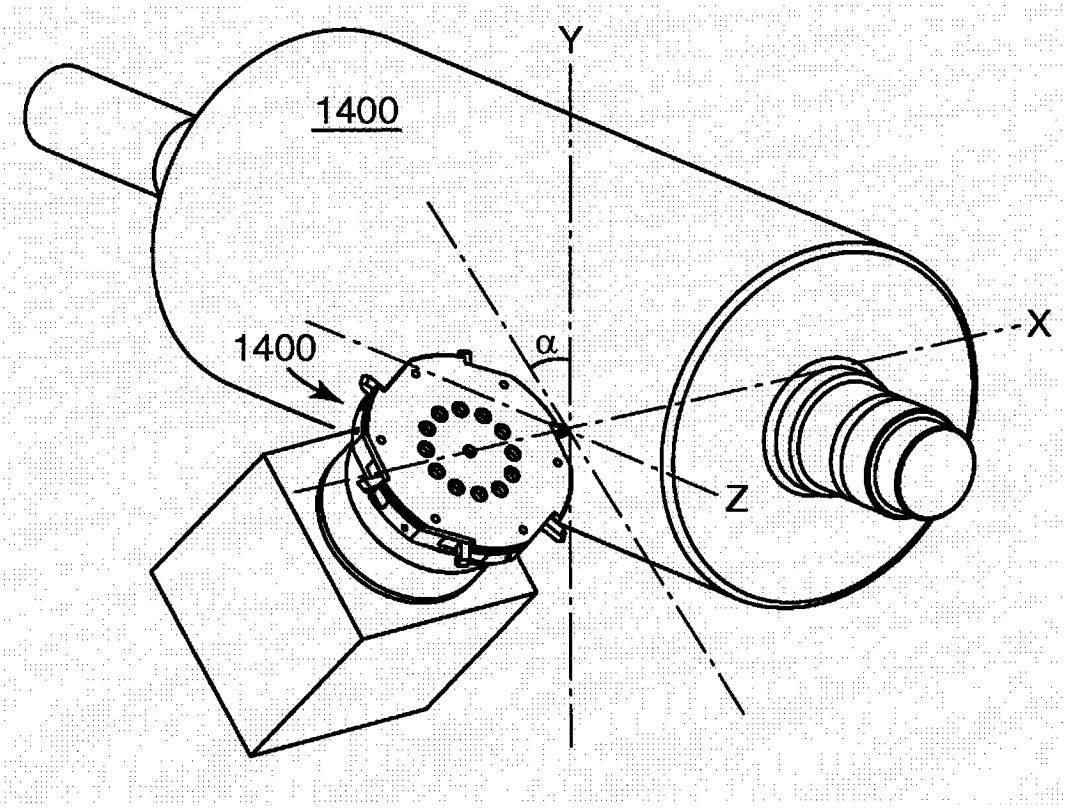


图 14

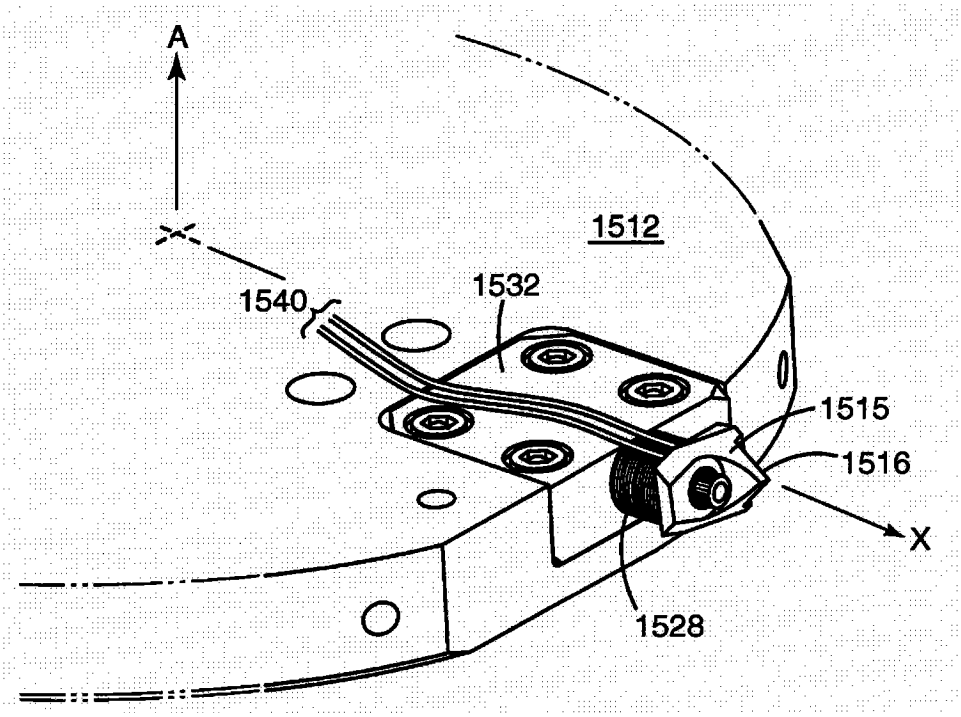


图 15

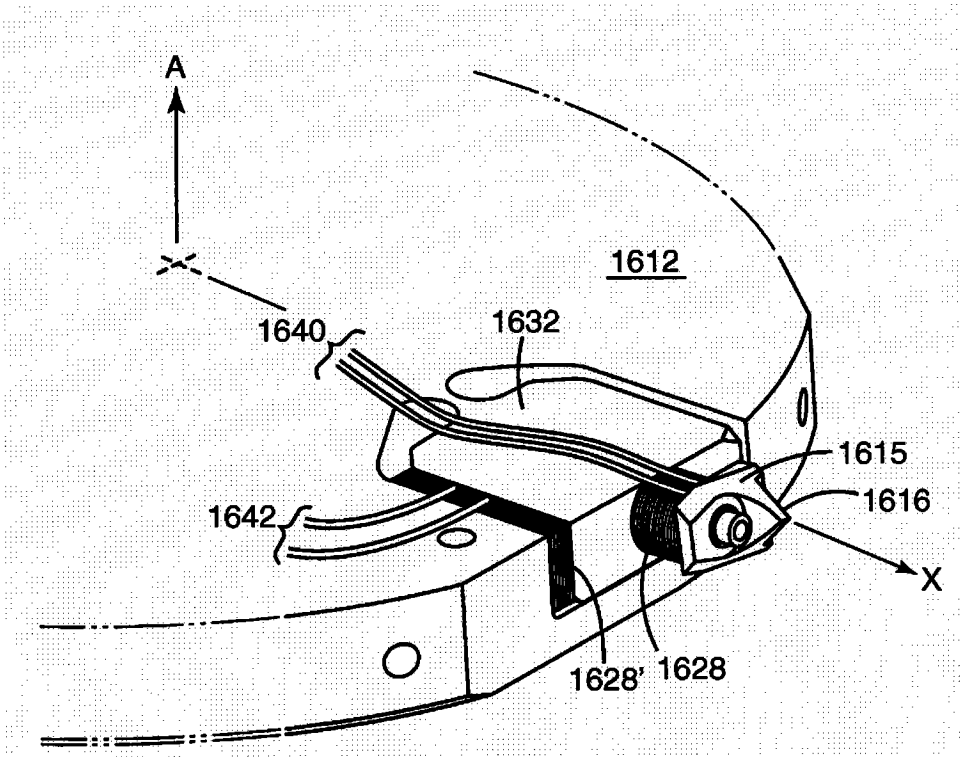


图 16



图 17A

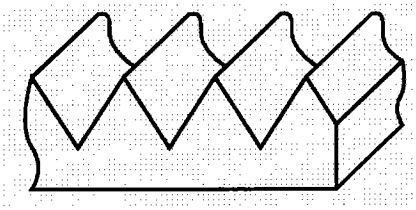


图 17B

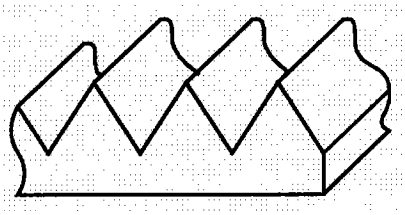


图 17C

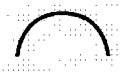


图 18A

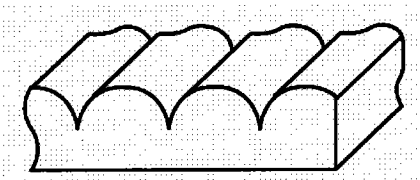


图 18B

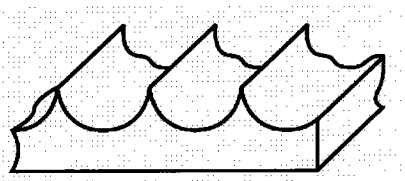


图 18C



图 19A

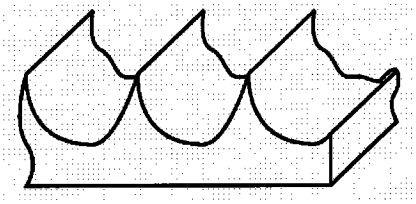


图 19B

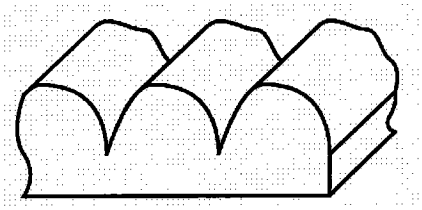


图 19C

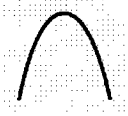


图 20A

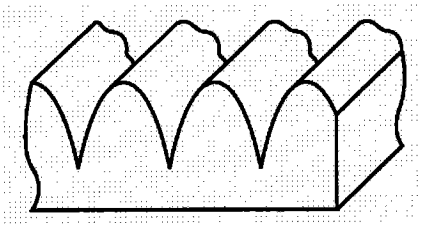


图 20B

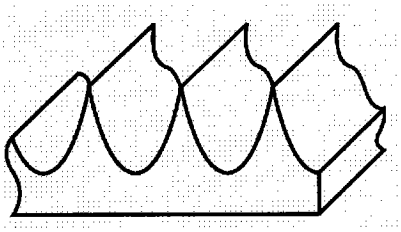


图 20C

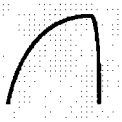


图 21A



图 21B



图 21C

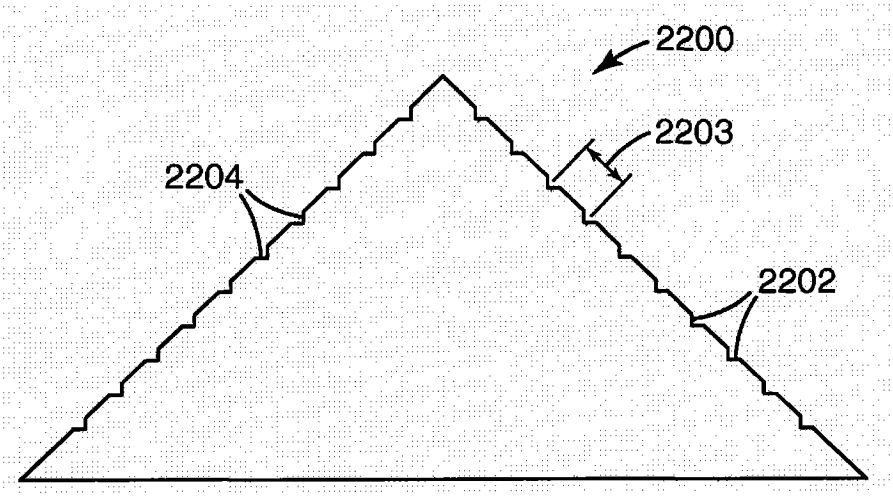


图 22A

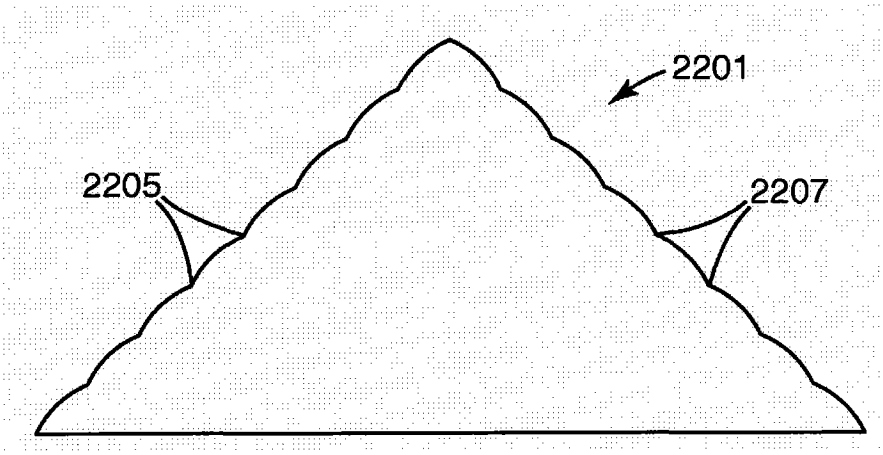


图 22B

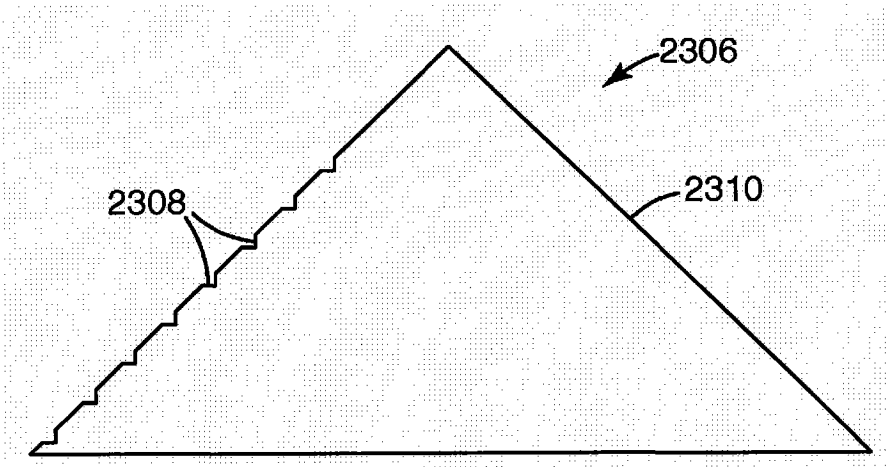


图 23

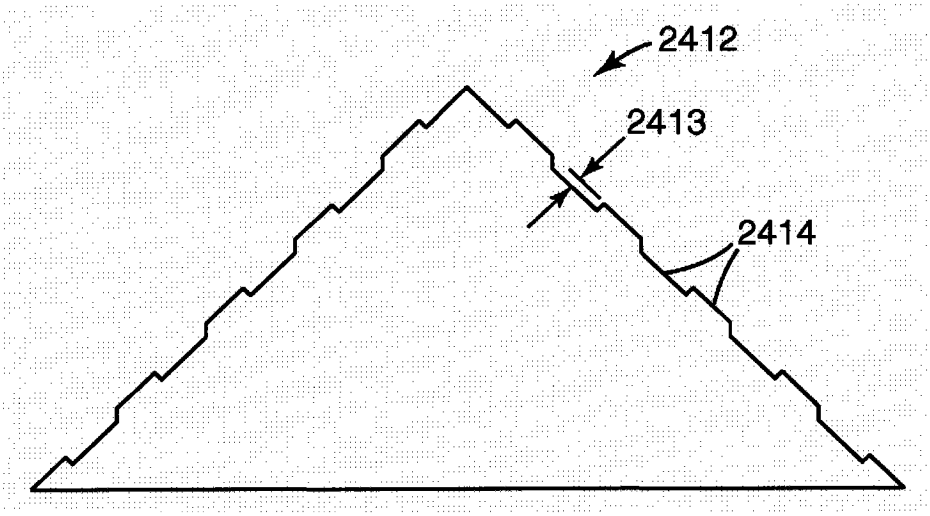


图 24A

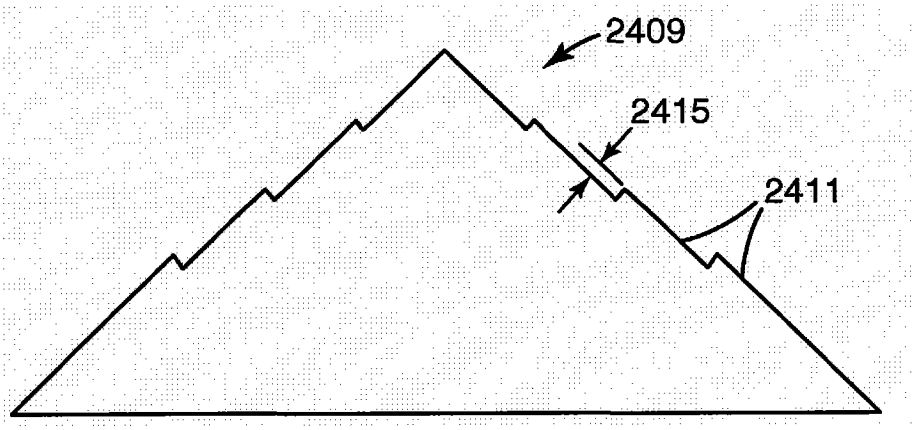


图 24B

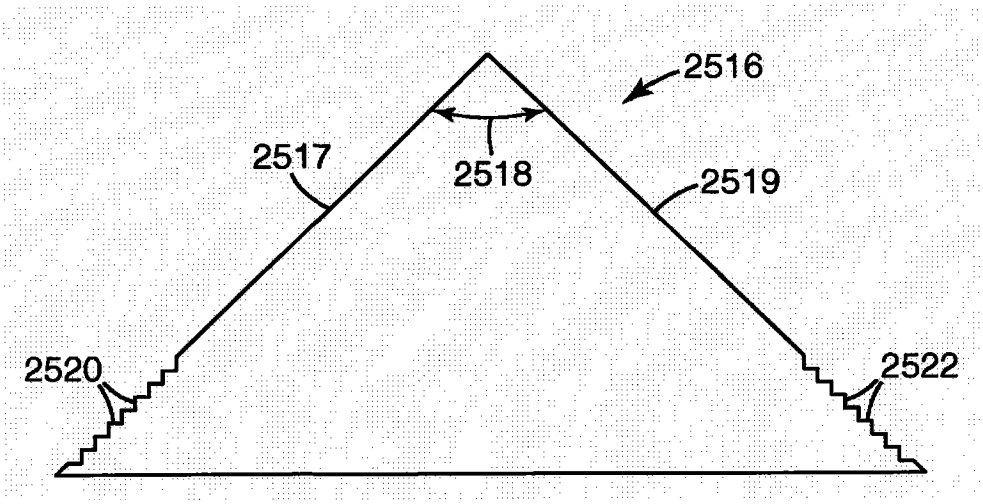


图 25

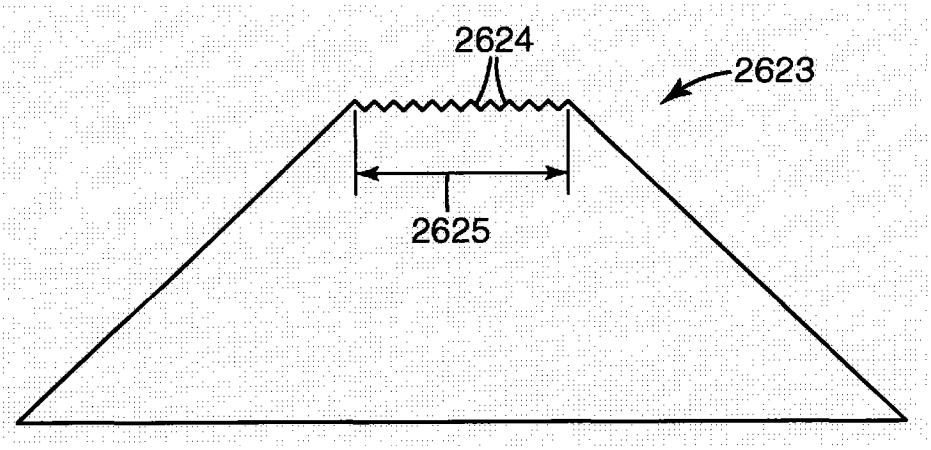


图 26

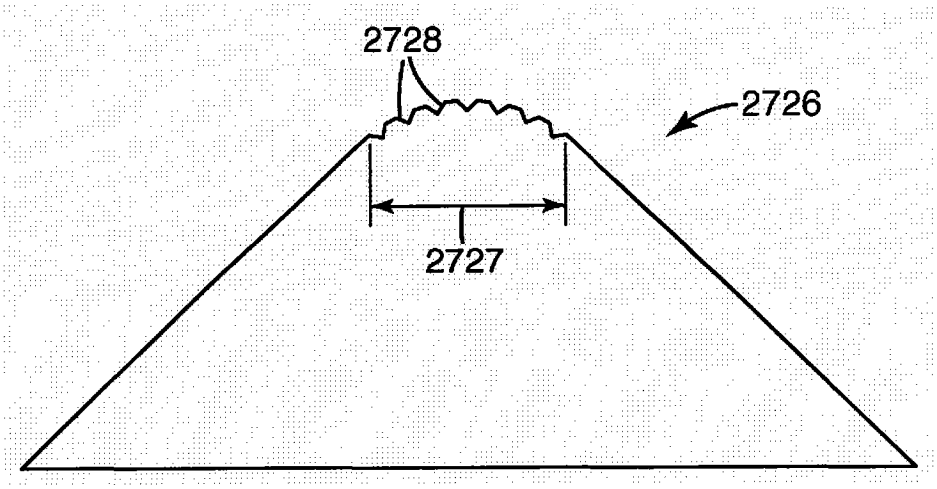


图 27

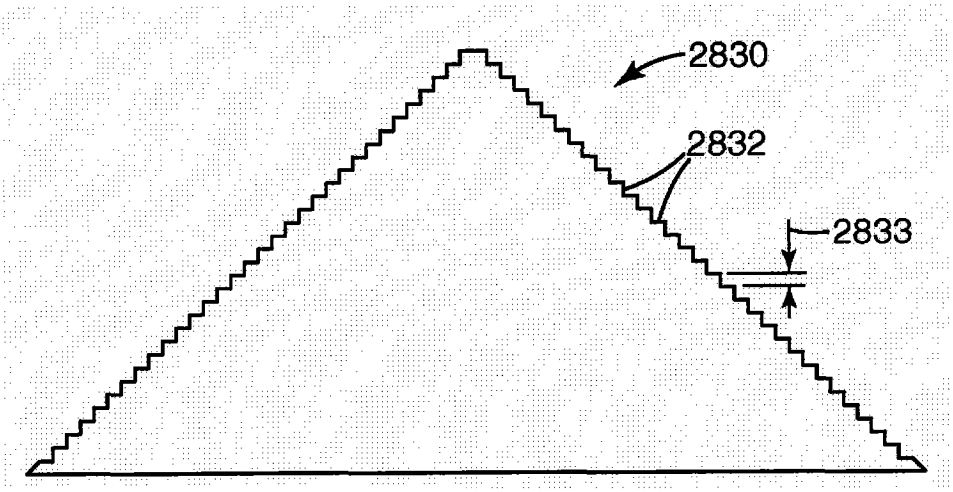


图 28

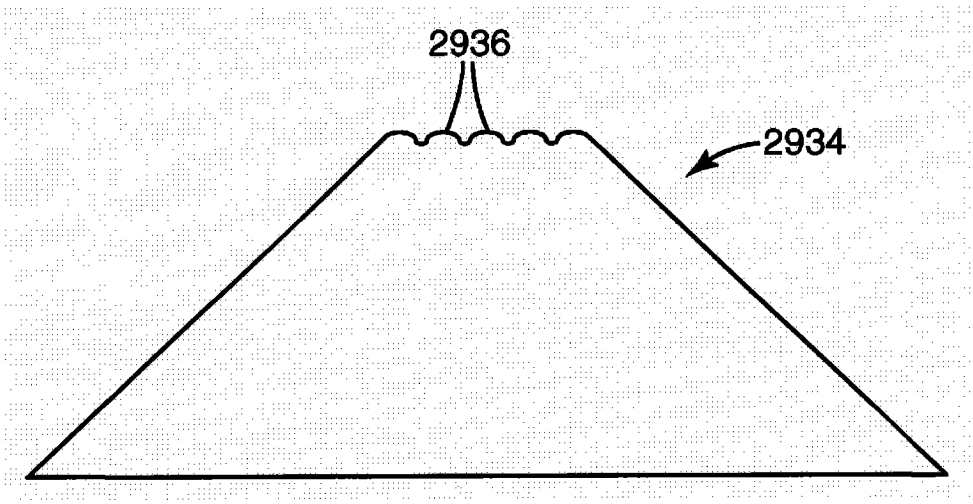


图 29

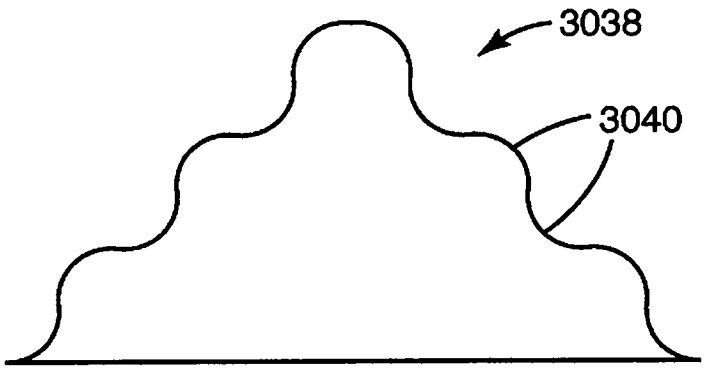


图 30

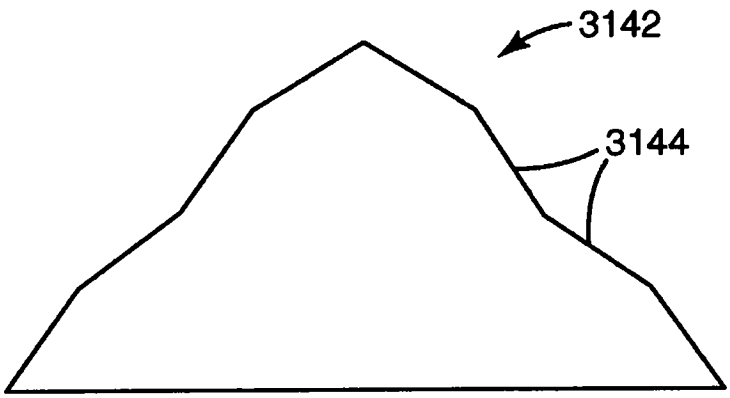


图 31

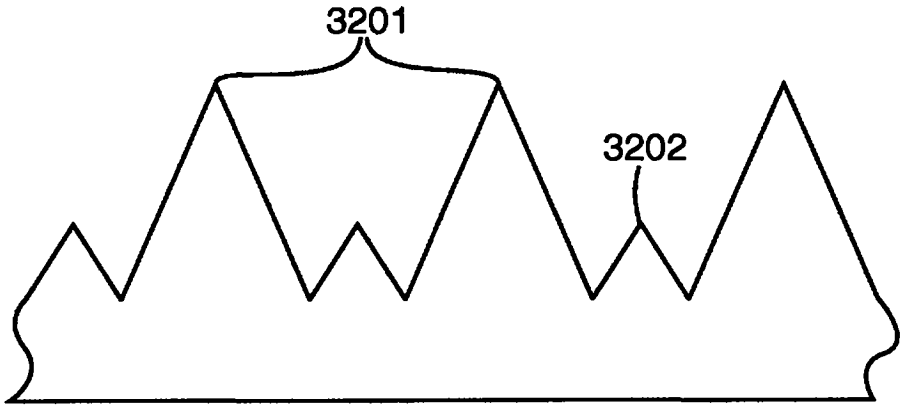


图 32

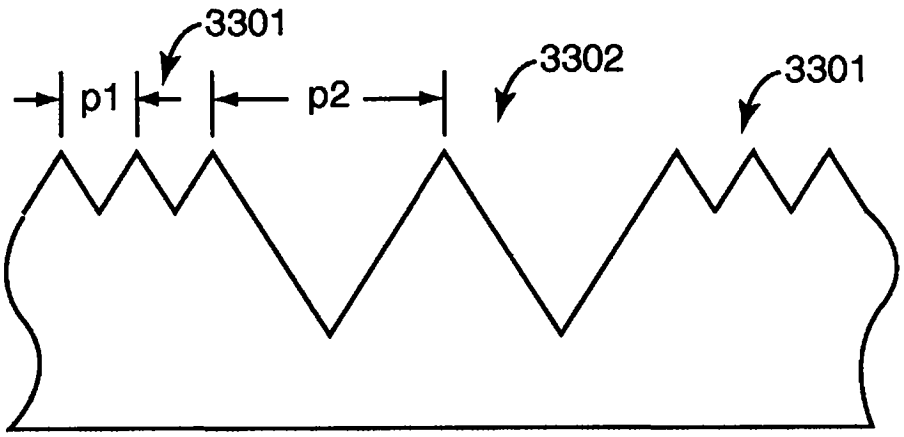


图 33

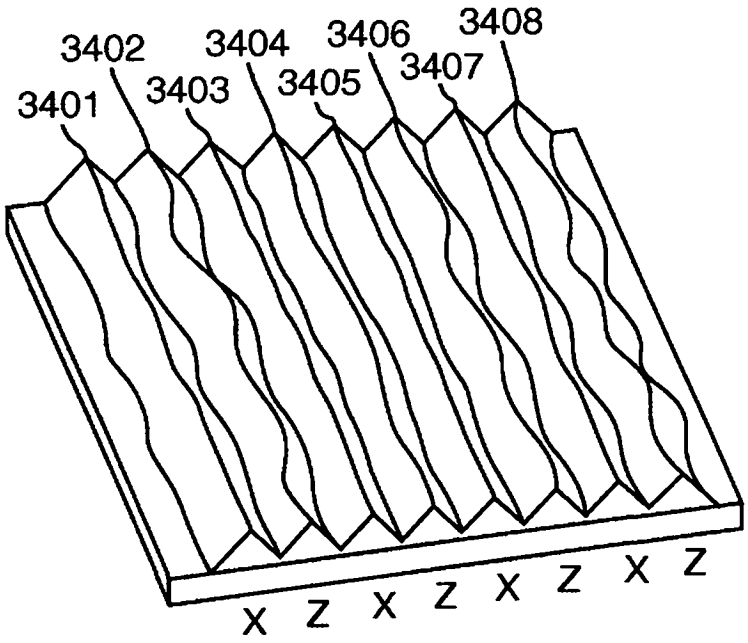

3401
3402
3403
3404
3405
3406
3407
3408
X Z X Z X Z X Z

图 34

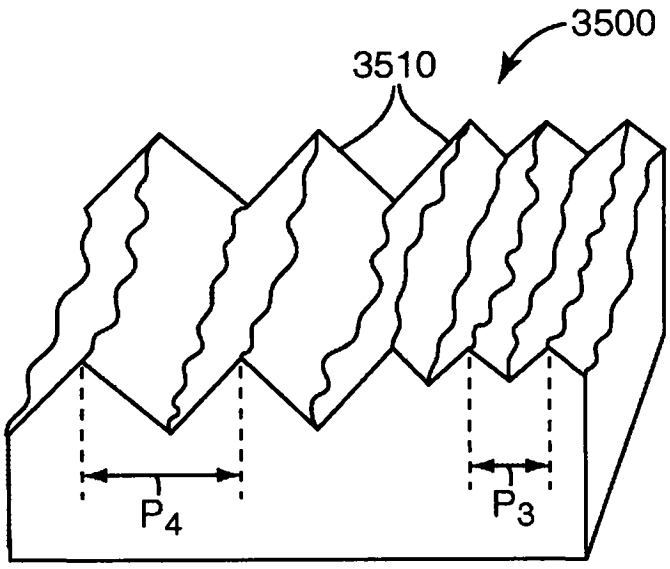

3500
3510
P4
P3

图 35

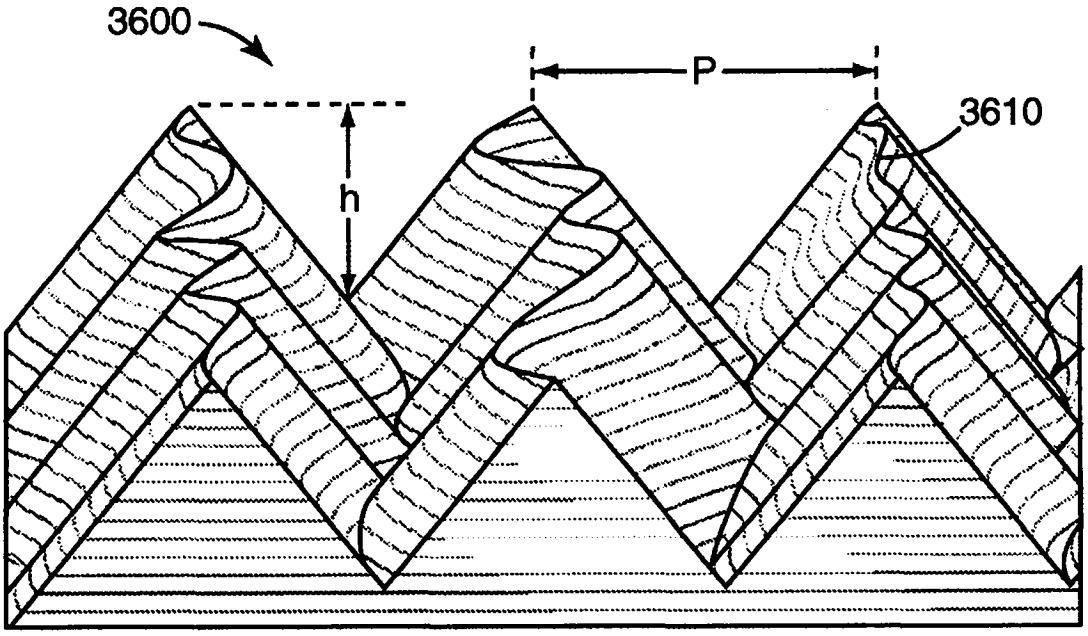


图 36A

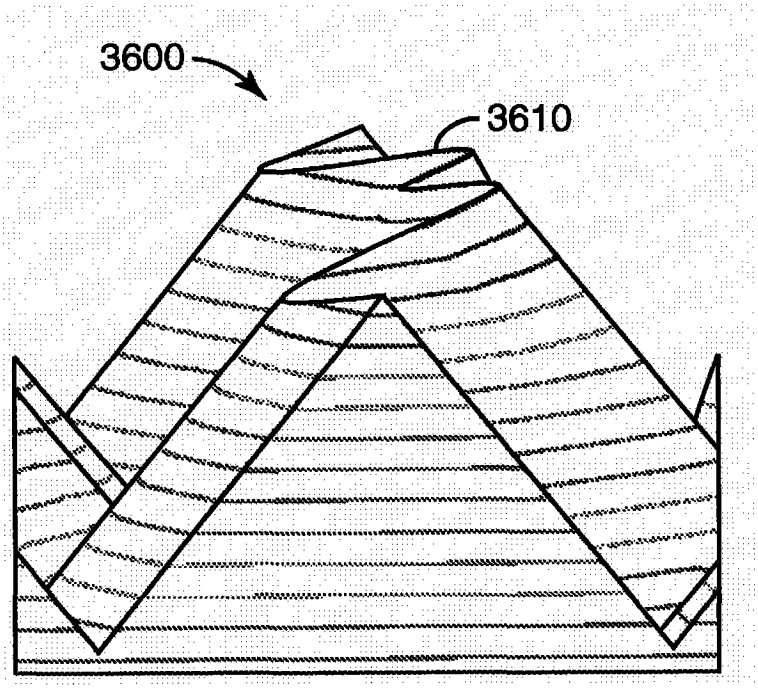


图 36B

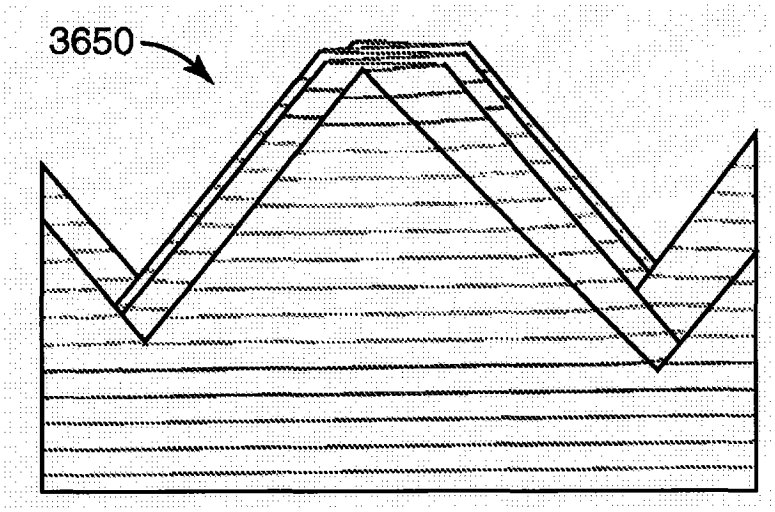


图 36C

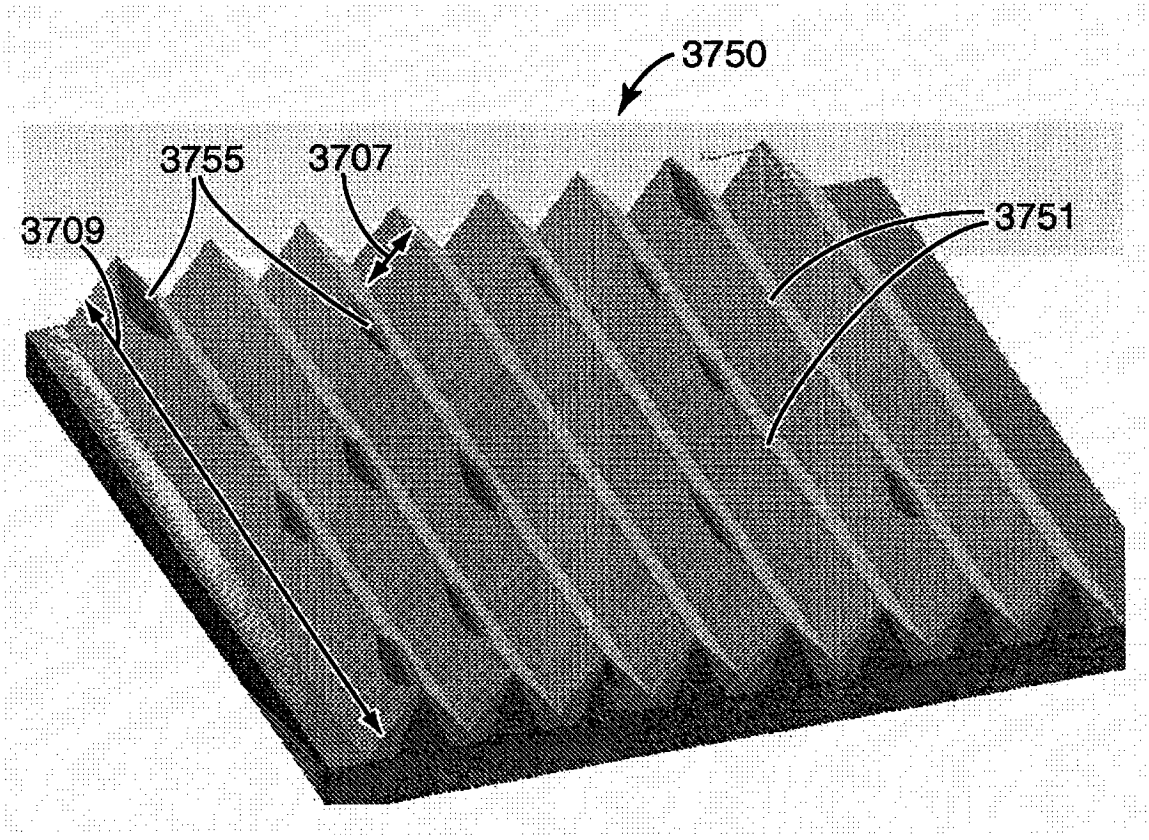


图 37A

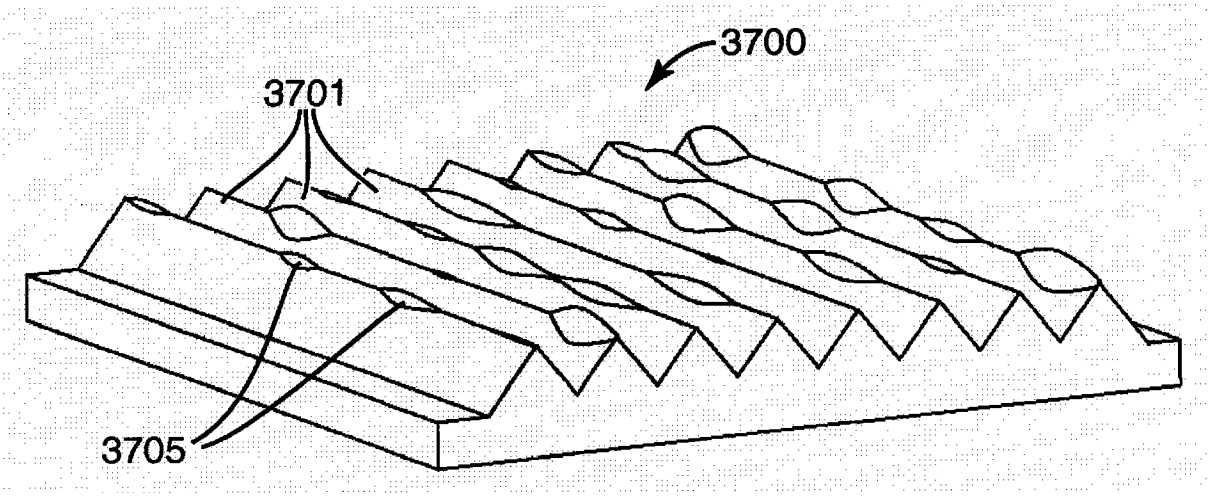


图 37B

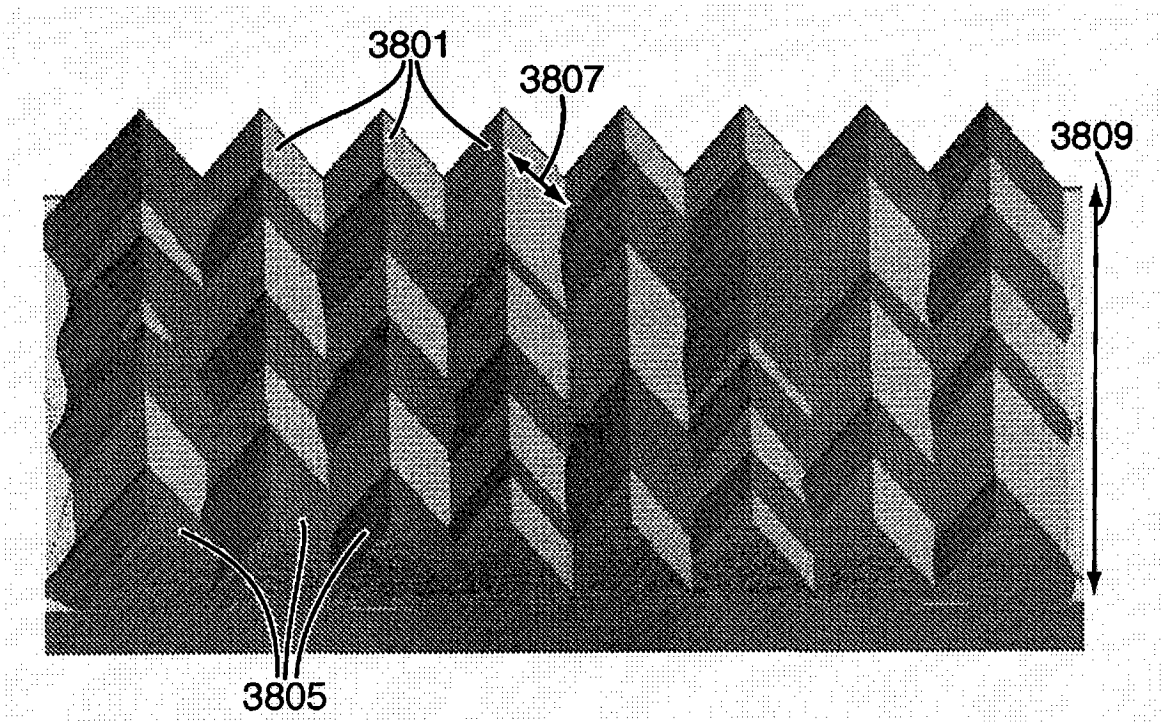


图 38

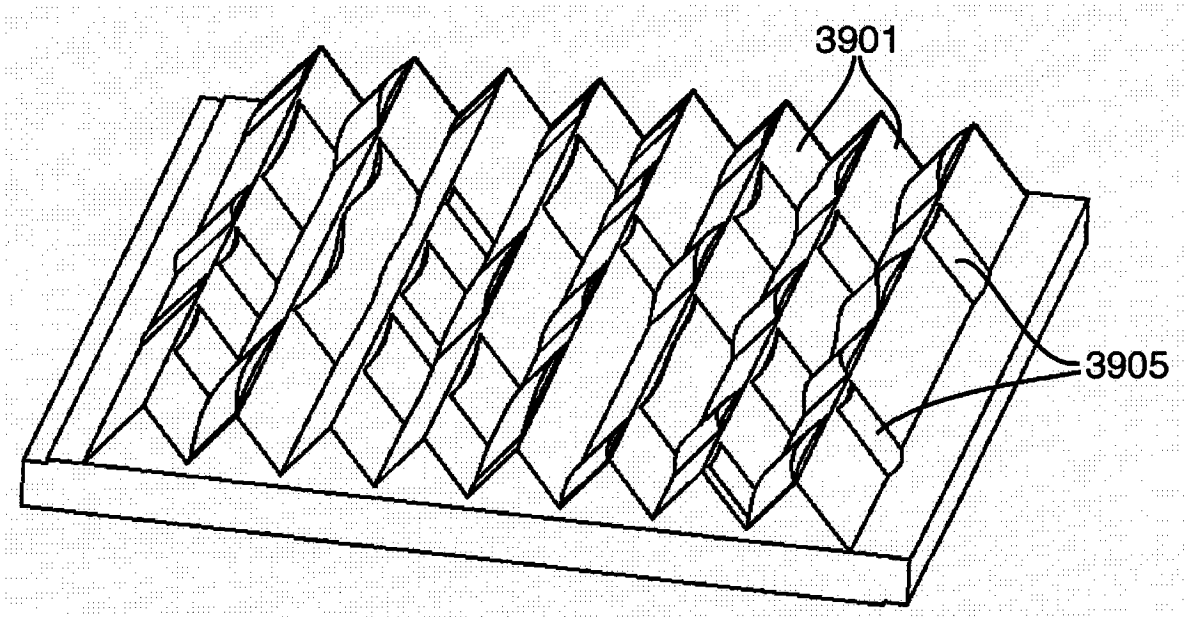


图 39

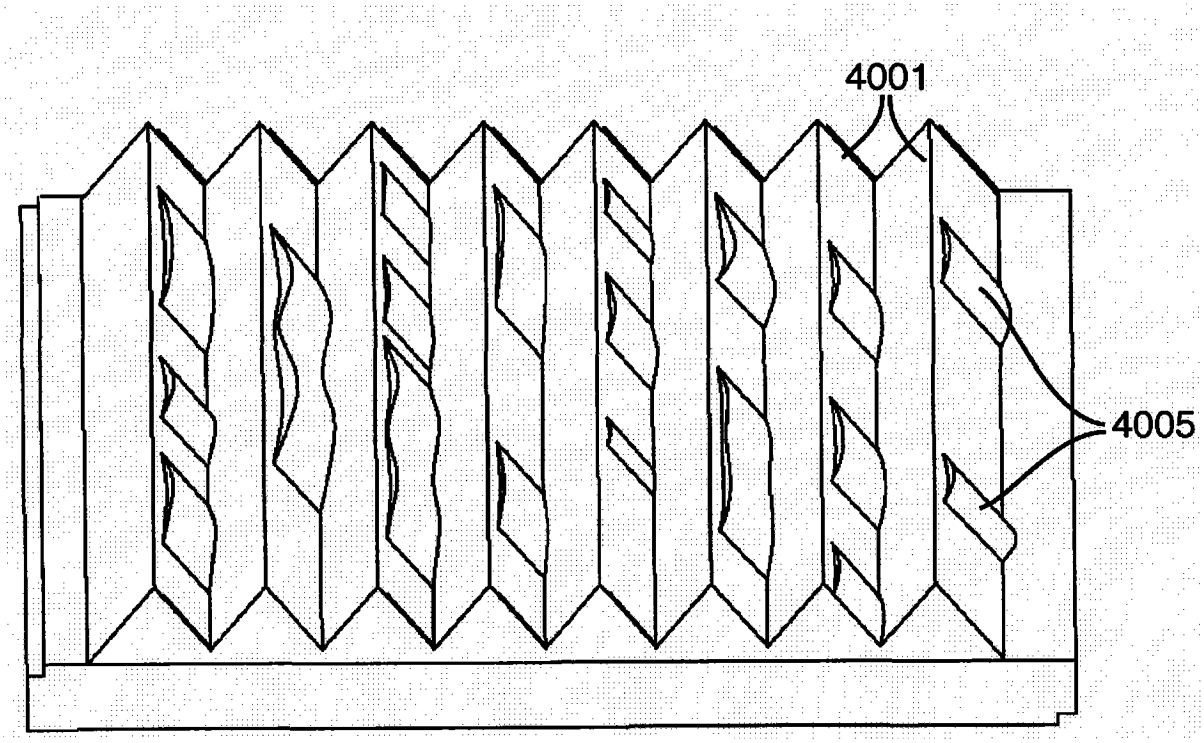


图 40

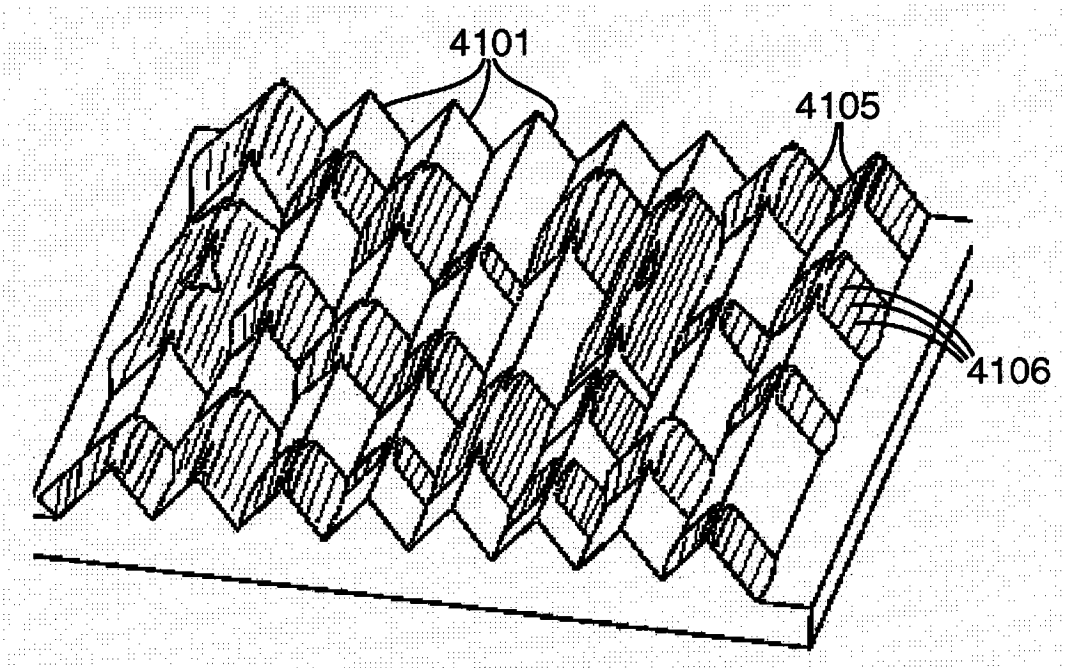


图 41A

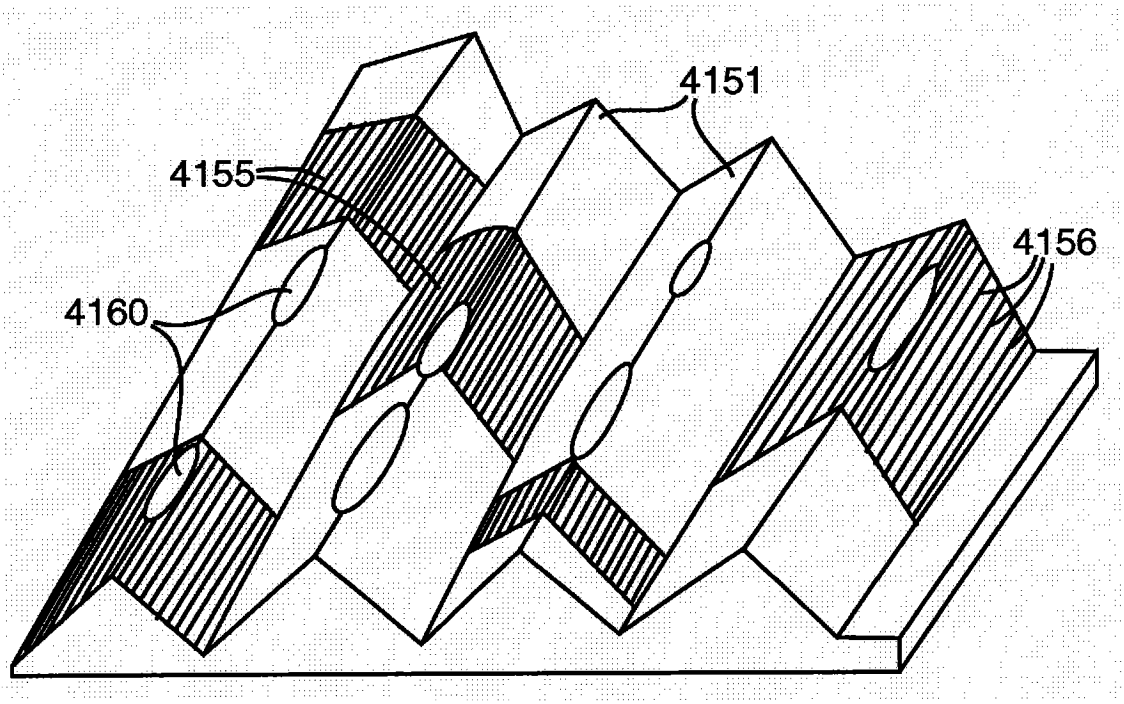


图 41B

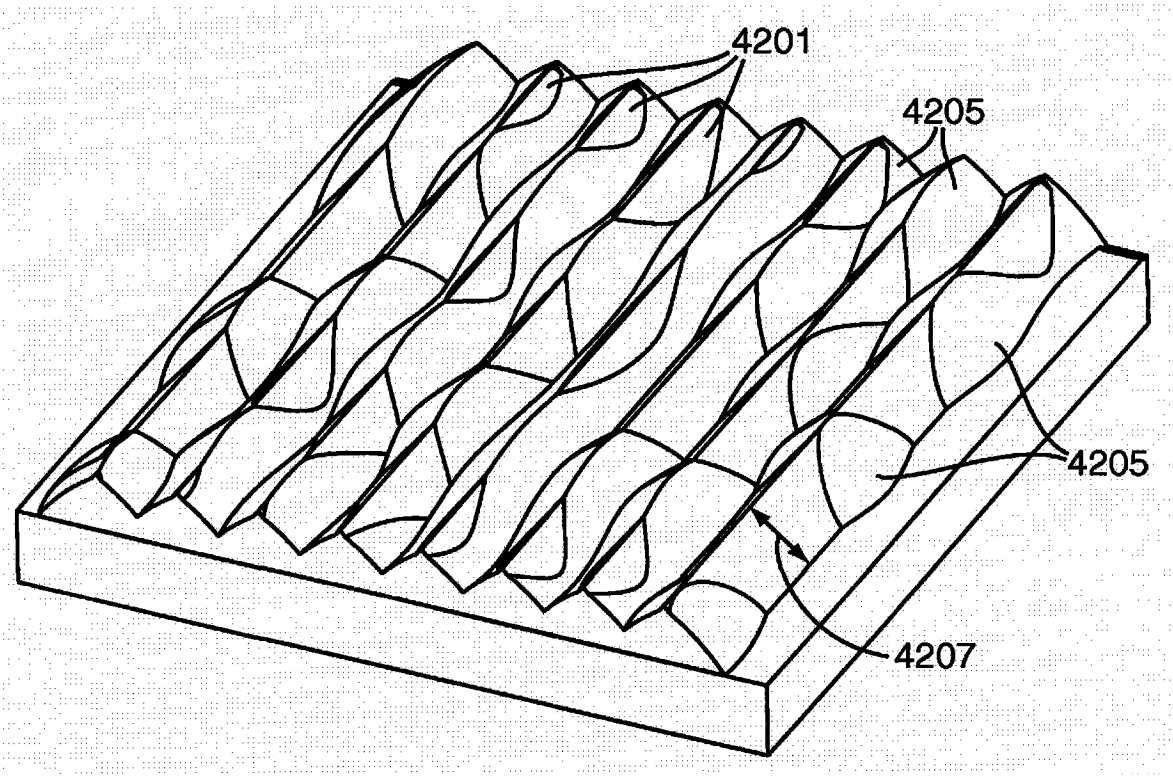


图 42

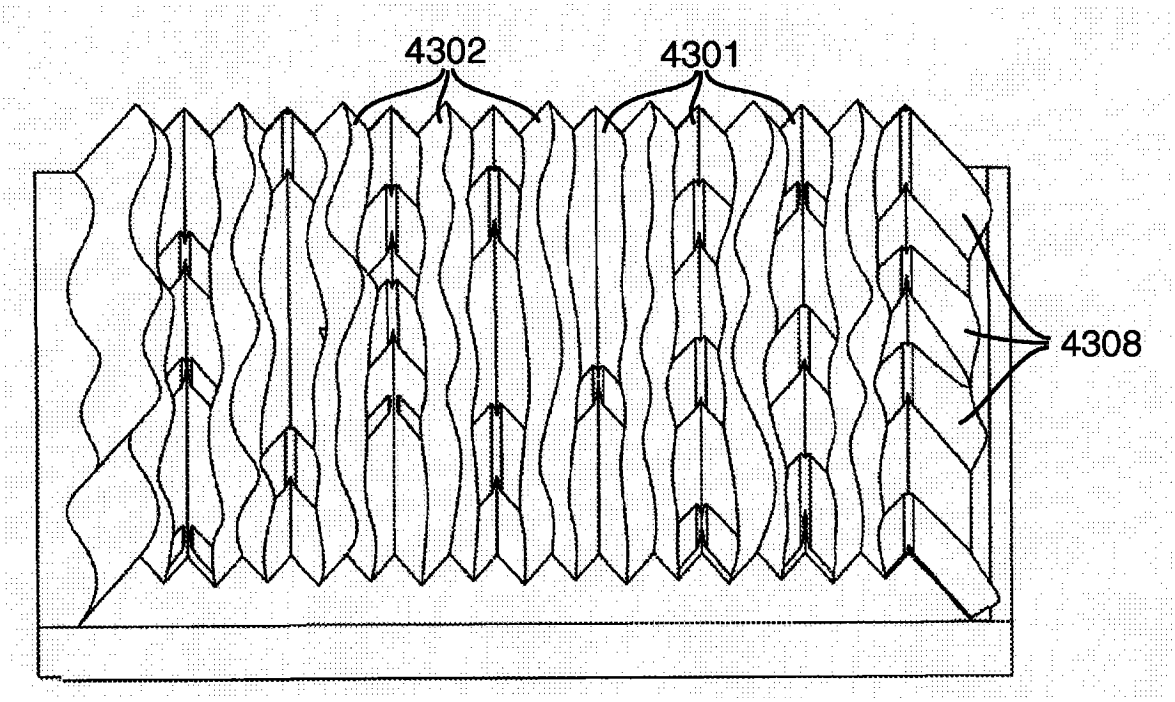


图 43

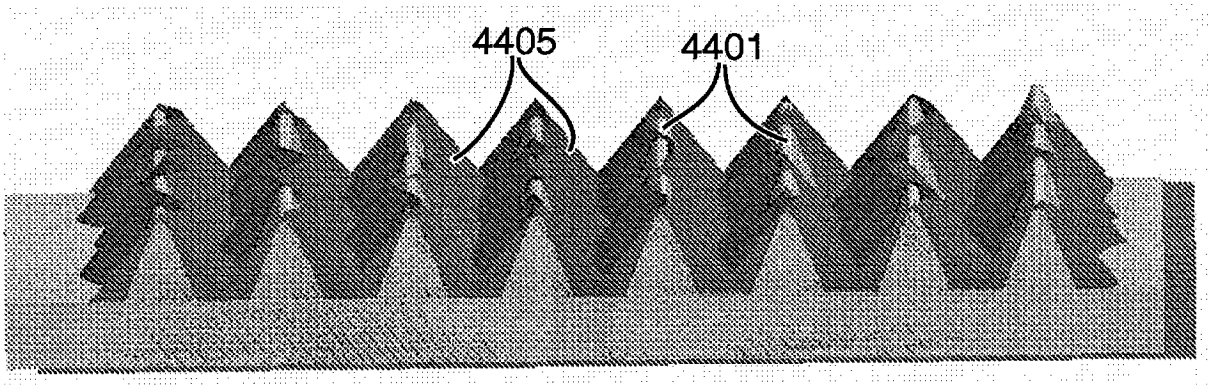


图 44

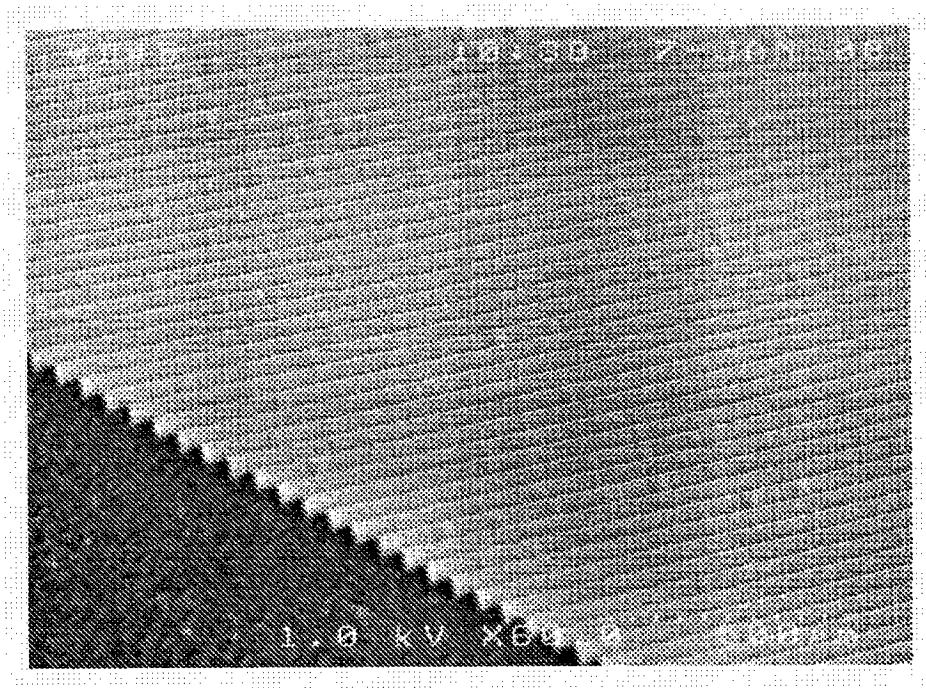


图 45A

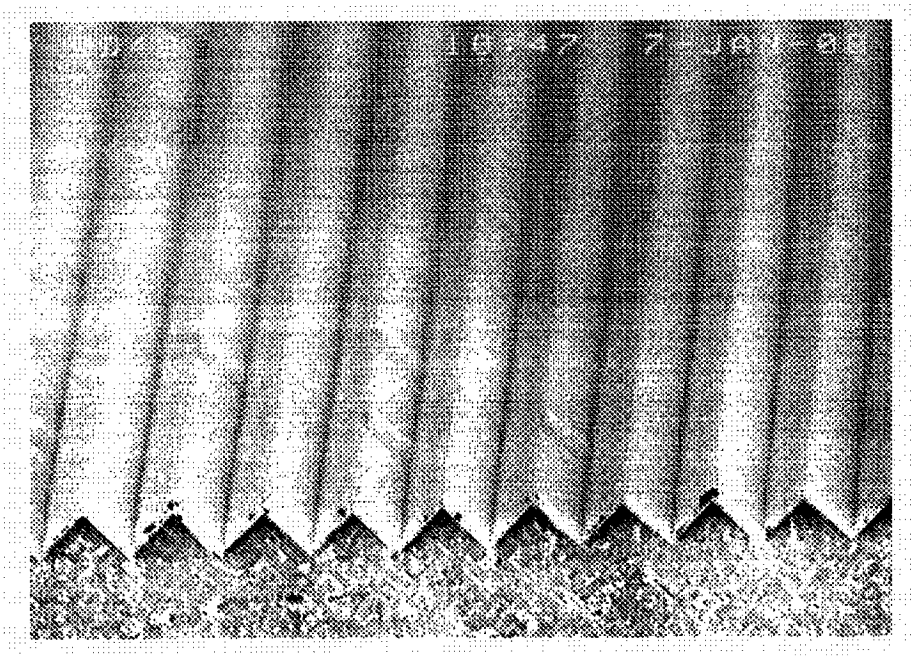


图 45B

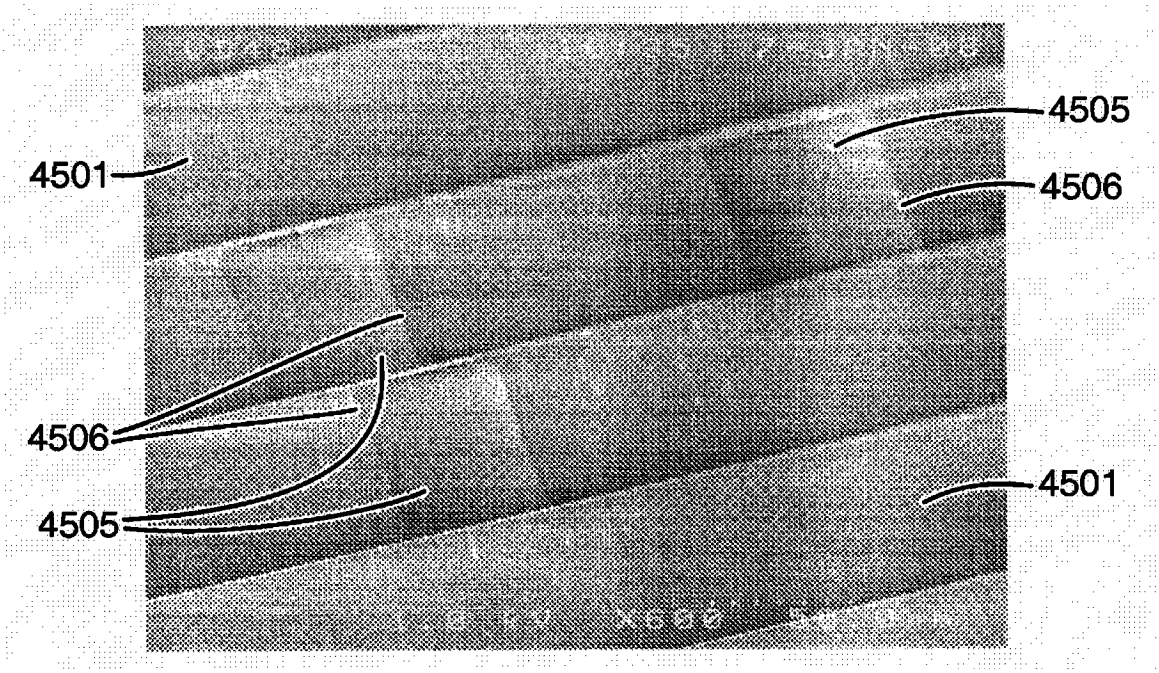


图 45C