



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1863940 B

(45) 授权公告日 2010.08.18

(21) 申请号 200480029311.5

代理人 李华英

(22) 申请日 2004.09.17

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

C23F 1/00 (2006.01)

60/503,459 2003.09.17 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.04.06

(56) 对比文件

CN 1406171 A, 2003.03.26, 权利要求 1-5.

US 5842387 A, 1998.12.01, 说明书第 1 栏第 32 行至第 13 栏第 27 行.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2004/030550 2004.09.17

EP 0191203 A2, 1986.08.20, 权利要求

1-32.

(87) PCT申请的公布数据

WO2005/027729 EN 2005.03.31

CN 1054928 A, 1991.10.02, 说明书第 3 页第 2-10 行, 第 4 页第 12-16 行、图 1-3.

(73) 专利权人 贝克顿·迪金森公司

CN 1147784 A, 1997.04.16, 权利要求 1-27.

地址 美国新泽西州

审查员 张晓冬

(72) 发明人 V·M·达斯卡尔 J·F·基南

J·J·休斯 A·N·基斯

S·M·查维斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 39 页

(54) 发明名称

手术和非手术应用的硅刀片

(57) 摘要

眼科手术刀片 (734) 是用优选为晶片形式的结晶或多晶材料制造的。该方法包括通过安装晶片并在晶片内加工沟槽, 来准备结晶或多晶晶片。形成斜面刀片表面 (752) 的沟槽的加工方法包括金刚石条锯、激光系统、超声器、热锻压和刻纹机。然后将晶片置于蚀刻剂溶液中, 该溶液以均匀的方式各向同性地蚀刻晶片, 从而使多层结晶或多晶材料被均匀地除去, 因此产生单、双或多斜面刀片 (734)。显然, 任何斜角都能够加工到晶片内, 并在蚀刻之后保留。刀峰的最终半径为 5-500nm, 即口径与金刚石刀峰的刀片相同, 但制造成本却是其一小部分。这种眼科手术刀片可用于白内障和屈光手术, 以及显微手术、生物和非医学、非生物目的。

1. 一种利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法,包括:

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第一刀片轮廓,其中所述第一刀片轮廓包括第一刻面,所述第一刻面包括所述至少一个切削装置的切削刃,所述第一刀片轮廓还包括毗邻第一刻面的第二刻面;

在结晶材料晶片的第二侧面上加工第二刀片轮廓,其中所述第二刀片轮廓包括第三刻面,所述第三刻面与所述第一刻面一同包括所述至少一个切削装置的切削刃,所述第二刀片轮廓还包括毗邻第三刻面的第四刻面;以及

蚀刻结晶材料晶片,以形成至少一个切削装置。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

将所述至少一个切削装置分成单个的。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述蚀刻步骤包括:

形成第一内含角,所述第一内含角包括第一斜面的第一角度;以及

形成第二内含角,所述第二内含角包括第二斜面的第二角度。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述结晶材料晶片的第一侧面上加工第一刀片轮廓的步骤包括:

以第一角度加工第一刻面;以及

以第二角度加工第二刻面。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述结晶材料晶片的第二侧面上加工第二刀片轮廓的步骤包括:

以第一角度加工第三刻面;以及

以第二角度加工第四刻面。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的所述第一侧面;以及

在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的所述第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述结晶材料包括硅。

11. 一种根据权利要求1所述方法制造的切削装置。

12. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

13. 一种利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法,包括:

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第一可变刀片轮廓,其中所述第一可变刀片轮廓包括第一刻面,所述第一刻面包括所述切削装置的第一切削刃,并且其从所述切削装置顶点

的第一角度变为距离所述切削装置顶点一段第一距离的第二角度，并且其中通过以与所述切削装置中心线所成的第三角度，从所述切削装置顶点加工所述第一刀片轮廓而形成所述第一切削刃；

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第二可变刀片轮廓，其中所述第二可变刀片轮廓包括第二刻面，所述第二刻面包括所述切削装置的第二切削刃，并且其从所述切削装置顶点的第一角度变为距离所述切削装置顶点一段第一距离的第二角度，并且其中通过以与所述切削装置中心线所成的第三角度，从所述切削装置顶点到与第一刀片轮廓终止点直接相对的一点加工所述第二可变刀片轮廓，而形成所述第二切削刃；

在结晶材料晶片的第二侧面上加工第三可变刀片轮廓，其中所述第三可变刀片轮廓包括第三刻面，所述第三刻面包括所述切削装置的第一切削刃，并且其从所述切削装置顶点的第一角度变为距离所述切削装置顶点一段第一距离的第二角度，并且其中通过以与所述切削装置中心线所成的第三角度，从所述切削装置顶点到直接在第一可变刀片轮廓终止点之下的一点，加工所述第三可变刀片轮廓而形成所述第一切削刃；

在结晶材料晶片的第二侧面上加工第四可变刀片轮廓，其中所述第四可变刀片轮廓包括第四刻面，所述第四刻面包括所述切削装置的第二切削刃，并且其从所述切削装置顶点的第一角度变为距离所述切削装置顶点一段第一距离的第二角度，并且其中通过以与所述切削装置中心线所成的第三角度，从所述切削装置顶点到直接在第二可变刀片轮廓终止点之下的一点，加工所述第四可变刀片轮廓而形成所述第二切削刃；以及

蚀刻结晶材料晶片，以形成至少一个切削装置。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，还包括：

将所述至少一个切削装置分成单个的。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，还包括：

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，所述涂布步骤包括：

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面：氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

17. 根据权利要求 13 所述的方法，还包括：

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的第一侧面；以及

在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述涂布步骤包括：

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的第一侧面：氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

19. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述结晶材料包括硅。

20. 根据权利要求 13 所述方法制造的切削装置。

21. 根据权利要求 13 所述的方法，还包括：

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

22. 一种利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法，包括：

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第一弯曲的刀片轮廓，其中所述第一弯曲的刀片轮廓包括第一刻面，所述第一刻面包括所述切削装置的第一切削刃，并且通过以与所述切

削装置中心线所成的第一角度,从所述切削装置顶点将所述第一刀片轮廓加工一段第一距离,而形成所述第一切削刃;

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第二弯曲的刀片轮廓,其中所述第二弯曲的刀片轮廓包括第二刻面,所述第二刻面包括所述切削装置的第二切削刃,并且通过以与所述切削装置中心线所成的第一角度,从所述切削装置顶点将所述第一刀片轮廓加工一段第一距离,而形成所述第二切削刃;以及

蚀刻结晶材料晶片,以形成至少一个切削装置。

23. 根据权利要求 22 所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述至少一个切削装置分成单个的。

24. 根据权利要求 22 所述的方法,还包括:

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

26. 根据权利要求 22 所述的方法,还包括:

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的第一侧面;以及

在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

28. 根据权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述结晶材料包括硅。

29. 根据权利要求 22 所述方法制造的切削装置。

30. 根据权利要求 22 所述的方法,还包括:

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

31. 利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法,包括:

在结晶材料晶片的第一侧面上加工第一斜面,其中所述第一斜面包括所述至少一个切削装置的第一切削刃;

在结晶材料晶片的第二侧面上加工第二斜面,其中所述第二斜面与所述第一斜面共同包括所述至少一个切削装置的切削刃;以及

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面;

蚀刻结晶材料晶片,以形成至少一个切削装置。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述至少一个切削装置分成单个的。

33. 根据权利要求 31 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

34. 根据权利要求 31 所述的方法,还包括:

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的第一侧面;以及

在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

35. 根据权利要求 34 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括 :

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的第一侧面 : 氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

36. 根据权利要求 31 所述的方法,其特征在于,所述结晶材料包括硅。

37. 根据权利要求 31 所述方法制造的切削装置。

38. 根据权利要求 31 所述的方法,还包括 :

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

39. 一种利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法,包括 :

在结晶材料晶片的第一侧面上加工斜面,其中所述斜面包括至少一个切削装置的切削刃,所述加工始于第一点,并以恒定的半径沿弧度继续一段为圆形的第一角距离而到达第二点;以及

蚀刻结晶材料晶片,以形成至少一个切削装置。

40. 根据权利要求 39 所述的方法,还包括 :

将所述至少一个切削装置分成单个的。

41. 根据权利要求 39 所述的方法,还包括 :

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面。

42. 根据权利要求 41 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括 :

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面 : 氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

43. 根据权利要求 39 所述的方法,还包括 :

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的第一侧面;以及

在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

44. 根据权利要求 43 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括 :

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的第一侧面 : 氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

45. 根据权利要求 39 所述的方法,其特征在于,所述结晶材料包括硅。

46. 根据权利要求 39 所述方法制造的切削装置。

47. 根据权利要求 39 所述的方法,还包括 :

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

48. 一种利用结晶材料晶片制造至少一个切削装置的方法,包括 :

在结晶材料晶片的第一侧面上加工斜面,其中所述斜面包括所述至少一个切削装置的切削刃;所述加工始于与所述切削装置中心线成第一角度的第一点,并以线性方式继续一段第一距离到达第二点,然后以恒定的半径沿弧度从第二点继续一段为圆形的第一角距离而到达第三点,以线性方式以第一角度从第三点继续第一距离到达第四点;以及

蚀刻结晶材料晶片,以形成至少一个切削装置。

49. 根据权利要求 48 所述的方法,还包括 :

将所述至少一个切削装置分成单个的。

50. 根据权利要求 48 所述的方法,还包括 :

涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面。

51. 根据权利要求 50 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所加工的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

52. 根据权利要求 50 所述的方法,其特征在于,还包括:

在加工结晶材料晶片的步骤之后涂布结晶材料晶片的所述第一侧面;以及
在蚀刻步骤之前安装涂布所述第一侧面后的结晶材料晶片。

53. 根据权利要求 52 所述的方法,其特征在于,所述涂布步骤包括:

用选自以下物质的一层材料涂布所形成的结晶材料晶片的第一侧面:氮化硅、氮化钛、氮化钛铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钛、氮化硼和金刚石样晶体。

54. 根据权利要求 48 所述的方法,其特征在于,所述结晶材料包括硅。

55. 根据权利要求 48 所述方法制造的切削装置。

56. 根据权利要求 48 所述的方法,还包括:

在所述至少一个切削装置的表面上形成转化层。

手术和非手术应用的硅刀片

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本发明申请要求 2003 年 9 月 17 日提交的、序列号为 60/503,459 的美国临时申请在 35U. S. C. § 119(e) 项下的优先权, 该申请的全部内容在此并入本文作为参考。

[0003] 发明背景

发明领域

[0004] 本发明涉及眼科及其它类型的手术和非手术应用的刀片。更具体地说, 本发明涉及用硅及其它结晶材料制造的眼科、显微手术和非手术刀片。

[0005] 相关技术的描述

[0006] 现有的手术刀片是经过几种不同方法制造的, 每种方法具有其自身特有的优点和缺陷。最常用的制造方法是, 机械磨削不锈钢。然后对刀片进行细磨 (通过各种不同的方法, 例如超声制浆、机械磨蚀和研磨) 或电化学抛光, 以产生锐边。这些方法的优点是, 它们被证实是大批量制造一次性刀片的经济方法。这些方法的最大缺陷是, 锐边的质量不稳定, 因此获得优质的锐度一致性仍然是一个挑战。这主要是由于方法自身固有的局限性。刀片缘的半径在 30nm-1000nm 的范围内。

[0007] 一种相对新的刀片制造方法采用不锈钢的模压代替磨削。随后对刀片进行电化学抛光, 以产生锐边。已经发现, 此方法比磨削方法更经济。还发现, 它能够产生具有更好的锐度一致性的刀片。此方法的缺点是, 锐度一致性仍然小于用金刚石刀片制造方法获得的刀片。在软组织手术中使用金属刀片在当今是普遍流行的, 因为它们具有低廉的成本和改进的质量。

[0008] 金刚石刀片在许多手术市场、尤其是在眼科手术市场, 是锐度的金标准。已知, 金刚石刀片能够以最小的组织阻力清晰地切割软组织。金刚石刀片的使用很理想的另一个原因是, 它们在反复切割后仍具有一致的锐度。大多数高手术量的外科医生将使用金刚石刀片, 因为金属刀片的最大锐度和锐度的可变性都劣于金刚石刀片。用来生产金刚石刀片的制造方法采用研磨工艺来获得锐利的刀锋和一致的棱角半径。所产生刀片的棱角半径在 5nm-30nm 的范围内。此工艺的缺陷是过程漫长, 并且直接造成的结果是, 制造这样的金刚石刀片的成本在 500 美金 -5000 美金。因此, 这些刀片是为了重复应用而出售的。此工艺目前用在其它硬度小的材料 (例如红宝石和蓝宝石) 上, 以便以较低的成本获得相同的锐度。然而, 虽然红宝石和 / 或蓝宝石手术品质的刀片比金刚石的便宜, 但是它们仍然具有制造成本相当高 (在 50 美金 -500 美金之间) 的缺陷, 并且它们的锐边仅持续应用约 200 例手术。因此, 这些刀片是为了重复和有限重复应用而出售的。

[0009] 已经有一些利用硅制造手术刀片的提议。然而, 在一种又一种的形式中, 这些方法在制造不同构造和低成本刀片的方面都有局限。许多已有的提议都是基于硅的各向异性蚀刻。各向异性蚀刻工艺是一种具有较高方向性, 并且在不同方向具有不同的蚀刻速度的蚀刻工艺。这种工艺能够产生尖锐的切削刃。然而, 由于工艺的性质, 其受能够获得的刀片形状和内含斜角的限制。湿体各向异性蚀刻工艺例如采用氢氧化钾 (KOH)、乙二胺 /

pyrcatechol (EDP) 和三甲基 -2- 羟乙基铵氢氧化物 (TMAH) 溶的那些工艺, 沿特定的结晶面进行蚀刻, 以获得尖锐的锐边。此面, 在硅 <100> 中一般是 (111) 面, 与硅晶片的表面呈 54.7° 角。这样产生了具有 54.7° 内含斜角的刀片, 已经发现这在大多数手术应用中是临幊上不可接受的, 因为太钝了。这种应用在用来制造双斜面刀片时, 甚至更糟, 因为内含斜角是 109.4°。该工艺进一步局限于能够产生的刀片轮廓。蚀刻面在晶片中彼此设置成 90°。因此, 仅仅能够生产具有矩形轮廓的刀片。

[0010] 由此, 需要制造克服上述方法的缺陷的刀片。本发明的系统和方法能够以不锈钢方法的低廉成本制造具有金刚石刀片锐度的刀片。此外, 本发明的系统和方法能够大批量地生产刀片, 并具有严密的工艺控制。而且, 本发明的系统和方法能够生产具有线性和非线性刀片斜面的手术刀片和多种其它类型的刀片。

[0011] 发明概述

[0012] 通过利用涉及一种用结晶或多晶材料 (例如硅) 制造手术刀片的系统和方法的本发明, 上述缺陷得以克服, 并且许多优点得以实现, 本发明以任何所需的斜角或刀片构造, 利用多种装置在晶片或多晶晶片上进行沟槽加工。所加工的结晶或多晶晶片然后浸渍在均匀地除去一层又一层晶片材料分子的各向同性蚀刻溶液中, 以便形成具有均匀半径和足够软组织手术应用的质量的切削刃。本发明的系统和方法提供了一种非常廉价的用于制造这些高质量手术刀片的方式。

[0013] 因此, 本发明的一个目的是, 提供一种用于制造手术刀片的方法, 包括以下步骤: 将硅或其它结晶或多晶晶片安装到安装组件上; 用刻纹机在结晶或多晶晶片的第一侧面上加工一个或多个沟槽, 以形成线性或非线性沟槽; 蚀刻结晶或多晶晶片的第一侧面, 以形成一个或多个手术刀片; 将多个手术刀片分成单个的; 以及组装手术刀片。

[0014] 本发明的又一个目的是, 提供一种用于制造手术刀片的方法, 包括以下步骤: 将结晶或多晶晶片安装到安装组件上; 用刻纹机在结晶或多晶晶片的第一侧面上加工一个或多个沟槽, 以形成线性或非线性沟槽; 用涂料涂布结晶或多晶晶片的第一侧面; 将结晶或多晶晶片从安装组件上拆卸下来, 并将结晶或多晶晶片重新安装到安装组件上; 加工结晶或多晶晶片的第二侧面; 蚀刻结晶或多晶晶片的第二侧面, 以形成一个或多个手术刀片; 将多个手术刀片分成单个的; 以及组装手术刀片。

[0015] 本发明的再一个目的是, 提供一种用于制造手术刀片的方法, 包括以下步骤: 将结晶或多晶晶片安装到安装组件上; 用刻纹机在结晶或多晶晶片的第一侧面上加工一个或多个沟槽, 以形成线性或非线性沟槽; 将结晶或多晶晶片从安装组件上拆卸下来, 并将结晶或多晶晶片的第一侧面重新安装到安装组件上; 用刻纹机加工结晶或多晶晶片的第二侧面, 以形成线性或非线性沟槽; 蚀刻结晶或多晶晶片的第二侧面, 以形成一个或多个手术刀片; 转化结晶或多晶材料层, 以形成硬化表面; 将多个手术刀片分成单个的; 以及组装手术刀片。

[0016] 本发明的另一个目的是, 提供按照本文所述方法制造的用于眼科、显微手术、心脏、眼、耳、脑、重构和美容手术以及生物应用、还有多种非医学或非生物应用的手术刀片的若干示范性实施方案。

[0017] 附图简述

[0018] 当结合附图阅读时, 通过参照下面的优选实施方案的详细描述, 本发明的新颖特

性和优点将得到最佳理解,其中:

- [0019] 图1是按照本发明第一实施方案、用硅制造双斜面手术刀片的方法的流程图;
- [0020] 图2是按照本发明第二实施方案、用硅制造单斜面手术刀片的方法的流程图;
- [0021] 图3是按照本发明第三实施方案、用硅制造单斜面手术刀片的替换型方法的流程图;
- [0022] 图4是安装在安装组件上的硅晶片的顶视图;
- [0023] 图5是用带子安装在安装组件上的硅晶片的侧视图;
- [0024] 图6表示出按照本发明一个实施方案,利用激光喷水器预先切割硅晶片,以有助于在硅晶片上加工沟槽;
- [0025] 图7A-7D表示出按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的切割锯条的构造;
- [0026] 图8表示出按照本发明一个实施方案、切割锯条通过安装在支撑底板上的硅晶片的操作;
- [0027] 图8A-8C表示出按照本发明一个实施方案、在利用切割锯条于硅晶片上加工沟槽时槽缝的用途;
- [0028] 图9是按照本发明一个实施方案、在带安装的硅晶片上加工沟槽的切割锯条的剖面图;
- [0029] 图10A和10B分别表示出按照本发明一个实施方案制造的、具有单斜面切削刃的硅手术刀片和具有双斜面切削刃的硅手术刀片;
- [0030] 图11是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的激光系统的方框图;
- [0031] 图12是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的超声加工系统的方框图;
- [0032] 图13是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上形成沟槽的热锻系统的附图;
- [0033] 图14表示出按照本发明一个实施方案的硅晶片,其中在两侧面上加工了沟槽,并且涂层施加在其中一个加工的侧面上;
- [0034] 图15是按照本发明一个实施方案、在带安装的硅晶片上加工第二沟槽的切割锯条的剖面图;
- [0035] 图16是按照本发明一个实施方案、已经在两侧面上加工了沟槽的硅晶片的剖面图象;
- [0036] 图17A和17B表示出按照本发明一个实施方案、在两侧面上加工了沟槽的硅晶片上实施的各向同性蚀刻工艺;
- [0037] 图18A和18B表示出按照本发明一个实施方案、在两侧面上加工了沟槽并且在一侧面上具有涂层的硅晶片上实施的各向同性蚀刻工艺;
- [0038] 图19表示出按照本发明一个实施方案制造的、在一侧面上具有涂层的双斜面硅手术刀片的形成的切削刃;
- [0039] 图20A-20G表示出能够按照本发明方法制造的手术刀片的多个不同实施例;
- [0040] 图21A和21B分别是按照本发明一个实施方案制造的硅手术刀片和不锈钢刀片的刀片缘的放大5,000倍的侧视图;

[0041] 图 22A 和 22B 分别是按照本发明一个实施方案制造的硅手术刀片和不锈钢刀片的刀片缘的放大 10,000 倍的顶视图；

[0042] 图 23A 和 23B 表示出按照本发明又一个实施方案、在一侧面上具有加工沟槽、相反侧面上具有涂层的硅晶片上实施的各向同性蚀刻工艺；

[0043] 图 24 表示出按照本发明一个实施方案制造的手柄和手术刀片的后槽缝 (post-slot) 组件；

[0044] 图 25A 和 25B 是按照本发明一个实施方案、用结晶材料制成的刀片缘和用包括层转化工艺的结晶材料制成的刀片缘的轮廓透视图；

[0045] 图 26-29 表示出按照本发明一个实施方案、利用刻纹机在结晶材料上加工线性或非线性沟槽的步骤；

[0046] 图 30 是按照本发明一个实施方案、在结晶材料上刻划线性或非线性沟槽的方法的流程图；

[0047] 图 31A-31C 表示出按照本发明一个实施方案制造的双斜面多刻面刀片；

[0048] 图 32A-32D 表示出按照本发明一个实施方案制造的不同双斜面刀片；

[0049] 图 33A-33D 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术的手术刀片的第一实施例第一和第二实施方案；

[0050] 图 34A-34C 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术的手术刀片的第二实施例；

[0051] 图 35A-35C 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术的手术刀片的第三实施例；

[0052] 图 36A-36C 表示出按照本发明方法制造的用于眼科及其它显微手术的手术刀片的第四实施例；

[0053] 图 37A-37C 表示出按照本发明实施方案制造的手术刀片的多个不同制造参数；

[0054] 图 38A 和 38B 表示出按照本发明方法制造的手术刀片的附加制造参数；

[0055] 图 39 表示出按照本发明的实施方案、用金属制造的刀片和用硅制造的刀片的棱角半径范围的比较结果。

[0056] 优选实施方案的详细描述

[0057] 现在将参照附图来描述优选实施方案的多个特性，其中相似的部分用相同的附图标记来表示。对目前预期的实践本发明的最佳方式的以下描述并不具有限定意义，而仅仅是用于描述本发明的一般原理。

[0058] 本发明的系统和方法提供用于制造切割软组织的手术刀片的制造。虽然所示出的优选实施方案是手术刀片，但是许多切割装置也能够按照以下详细描述的方法来制造。因此，对于本领域技术人员显而易见的是，虽然在这些论述中，参考的是“手术刀片”，但是许多其它类型的手术刀片也能够制造，包括诸如医用剃刀、柳叶刀、皮下针头、样品收集导管和其它医用锐器。此外，按照本发明的系统和方法制造的刀片可在其它非医学用途（包括诸如刮剃和实验室用途（即组织取样））中用作刀片。此外，虽然在下面的论述中参考的是眼科用途，但是许多其它类型的医学用途包括但不限于眼、心脏、耳、脑、美容和重构手术。

[0059] 虽然术语“单斜面”、“双斜面”和“刻面”是本领域技术人员众所周知的，但是也应该作出定义。“单斜面”是指刀片上的一个斜面，其中所产生的尖锐切削刃是在与刀片的主

面相同的平面上。参见,例如,以下更详细讨论的图 10A。“双斜面”是指刀片上的两个斜面,其中所产生的尖锐切削刃是在与贯穿刀片的中心线基本相同的平面上(如图 10B、20A 和 31C 所示)。刻面是斜面上存在的平刃(flat edge)。在任一刀片上,每个斜面上可存在一个、两个或多个刻面。由此,在任一刀片上,可以有多个锐边(或者,即,多组斜面),并且每个斜面可以有一个或多个刻面。

[0060] 制造刀片的优选基本材料是,具有优选的晶体取向的结晶硅。然而,硅的其它取向也是合适的,还有能够各向同性地进行蚀刻的其它材料也是合适的。例如,也可采用具有取向<110>和<111>的硅晶片,和以不同电阻系数和氧含量掺杂的硅晶片。而且,可以采用由其它材料制成的晶片,例如氮化硅和砷化镓。晶片形式是基本材料的优选形式。除了结晶材料之外,也可以用多晶材料制造手术刀片。多晶材料的实施例包括多晶硅。应该理解,如本文所用的术语“结晶”,是用来指结晶和多晶材料。

[0061] 因此,对本发明领域的技术人员显而易见的是,虽然在这些论述中参考的是“硅晶片”,但是按照本发明的不同实施方案,可以采用具有不同取向的上述材料的任意组合形式,以及或许有用的其它适当材料和取向。

[0062] 图 1 是按照本发明第一实施方案、用硅制造双斜面手术刀片的方法的流程图。图 1、2 和 3 的方法总体上描述了能够用来按照本发明制造硅手术刀片的工艺。然而,图 1、2 和 3 中所示方法的步骤顺序可以改变,以产生不同标准,或者满足不同的制造环境的硅手术刀片。

[0063] 例如,虽然图 1 如以下所示和描述的,表示出按照本发明第一实施方案制造双斜面手术刀片的方法,但是此方法也能够用来在每个切削刃上制造多个(即三个或更多个)刻面。图 31A-C 表示出这样的刀片,并且将在下面更详细地描述。而且,如所示出和所描述的方法也可以用来制造不同的双斜面刀片(如图 32 所示)。图 32 也将在下面更详细地描述。此外,作为具有两个(或更多个)切削面(具有两个或(更多个)斜角)的单刀片的进一步实施例,图 20B 和 20D 所示的刀片能够用本文所示和所述的方法来制造,这些刀片具有用于多个刀片缘的不同斜角。如此,图 1、2 和 3 的方法是代表按照本发明方法的一般实施方案,其中有许多包括相同步骤的不同变型,这些步骤能够制造出按照本发明精髓和范围的手术刀片。

[0064] 图 1 的方法按照本发明的一个实施方案、优选地利用结晶材料(例如硅)制造双斜面手术刀片,并且从步骤 1002 开始。在步骤 1002,硅晶片安装在安装组件 204 上。在图 4 中,硅晶片 202 被示出安装在晶片架/UV 带组件(安装组件)204 上。安装组件 204 是一种在半导体业中处理硅晶片材料的通用方法。本领域的技术人员能够理解,将硅(结晶)晶片 202 安装到晶片安装组件 204 上,这对于按照本发明优选实施方案的手术刀片的制造并不是必需的。

[0065] 图 5 表示出安装在相同安装组件 204 上的相同硅晶片 202,但这是侧视图(左或右;是对称的,尽管不必是这种情况)。在图 5 中,硅晶片 202 安装在带 308 上,带 308 然后安装在安装组件 204 上。硅晶片 202 具有第一侧面 304 和第二侧面 306。

[0066] 再参照图 1,步骤 1002 之后是决定步骤 1004。决定步骤 1004 决定,是否在步骤 1006,于硅晶片 202 上实施任选的预切割(如果需要的话)。此预切割可以用激光喷水器 402(如图 6 所示)来实施。在图 6 中,激光喷水器 402 被示出将激光束 404 引导到安装在

安装组件 204 上的硅晶片 202 上。正如在图 6 中所看到的,激光束 404 与硅晶片 202 碰撞的结果是,在硅晶片 202 上可产生各种预切割孔(或通孔基准)406。

[0067] 硅晶片 202 被硅晶片 202 上的激光束 404 所烧蚀。激光束 404 烧蚀硅晶片 202 的能力与激光的波长 λ 有关。在采用硅晶片的优选实施方案中,产生最佳结果的波长是一般由 YAG 激光器提供的 1064nm,尽管也可以采用其它类型的激光器。如果采用不同的结晶或多晶材料,那么其它波长和激光器类型将更合适。

[0068] 所得到的通孔基准 406(以这种方式能够切割多个孔)可用作加工沟槽的向导(将在下面的步骤 1008 中详细讨论),特别是如果利用切割锯条加工沟槽的话。通孔基准 406 为了相同的目的也可用任何激光束(例如准分子激光器或激光喷水器 402)来切割。预切割的通孔基准一般被切成加号“+”或圆形。然而,通孔基准形状的选择由具体的制造工具和环境来指导,并由此不必局限于以上刚刚提到的两种形状。

[0069] 除了用激光束预切割通孔基准之外,还可以用其它机械加工方法。这些工具包括诸如(但不限于)钻具、机械磨削工具和超声加工工具 100。虽然这些设备的使用就本发明优选实施方案而言是新颖的,但是这些设备及其通常用途对于本领域的技术人员来说,是众所周知的。

[0070] 为了使硅晶片 202 在蚀刻工艺过程中保持其完整性并且不崩溃,可在加工沟槽之前对硅晶片 202 实施预切割。激光束(例如激光喷水器 402 或准分子激光器)可用来在椭圆形通孔槽中卷绕,以便使切割刀片 502(参照图 7A-7C 详细讨论)在硅晶片 202 的周长范围内在硅晶片 202 上加工沟槽。用来产生通孔基准的机械加工设备和方法(以上所述)也可用来产生通孔槽。

[0071] 再参照图 1,下一个步骤是步骤 1008,步骤 1008 可以在步骤 1006 之后(如果通孔基准 406 被切成硅晶片 202 的话),或者在步骤 1002 和 1004 之后(“步骤”1004 不是物理制造步骤;包括这些确定步骤是为了示出总的制造过程及其差异),是硅晶片的安装步骤;在步骤 1008,在硅晶片 202 的第一侧面 304 上加工沟槽。根据硅手术刀片成品的制造条件和所需设计,有几个用来加工沟槽的方法。

[0072] 这些加工方法可采用切割锯条、激光系统、超声加工工具、热锻工艺或刻纹机。也可以采用其它加工方法。将依次描述每种方法。用这些方法的任一种加工的沟槽提供了手术刀片的角度(斜角)。当沟槽机器在硅晶片 202 上操作时,硅材料就被除去一块切割锯条的形状,或者按手术刀片预先形成的所需形状,用准分子激光器或超声加工工具形成一定图形。在切割锯条的情形中,硅外科刀片仅具有直的刀峰;而在后两种方法中,刀片实质上可以是所需的任何形状。在热锻工艺中,将硅晶片加热,以使其具有可锻性,然后压在两个模具之间,每个模具具有待模制到热可锻化硅晶片内的所需沟槽的三维形式。为了便于论述,“加工”沟槽包括在硅晶片中制造沟槽的所有方法,包括具体提到的那些方法,而无论是采用切割锯条、准分子激光器、超声器、刻纹机还是采用热锻工艺的方法,以及没提到的等同方法都可。现在详细论述这些加工沟槽的方法。

[0073] 图 7A-7D 表示出按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的切割锯条的构造。在图 7A 中,第一切割锯条 502 展现出角度 Φ ,此角度实质上是整个制造工艺完成之后手术刀片的最后角度。图 7B 表示出第二切割锯条 504,其具有两个成角度的切割面,每个面展现出切割角度 Φ 。图 7C 表示出第三切割锯条 506,它也具有切割角度 Φ ,但具有与

第一切割锯条 502 稍稍不同的构造。图 7D 表示出第四切割锯条 508, 它具有与图 7B 类似的两个成角度的切割面, 每个面展现出角度 Φ 。

[0074] 虽然图 7A-7D 示出的每个切割锯条 502, 504, 506 和 508 具有相同的切割角度 Φ , 但是对于本领域技术人员显而易见的是, 该切割角度可随着硅基手术刀片的用途不同而不同。此外, 正如下面所论述的, 单硅手术刀片可具有其内包含了不同角度的不同切削刃。第二切割锯条 504 可用来增大具体设计的硅基手术刀片的制造产量, 或者产生具有两个或三个切削刃的硅手术刀片。刀片设计的多个不同实施例将参照图 20A-20G 进行详细论述。在本发明的一个优选实施方案中, 切割锯条是金刚石砂粒锯条。

[0075] 具体的切割锯条用来在硅晶片 202 的第一侧面 304 上加工通道。具体选择切割锯条的组成, 以便提供最佳的最终表面光洁度, 同时保持可接受的耐磨寿命。使切割锯条的刀锋成型为硅晶片 202 上的最终通道所成型的轮廓。此形状与最终刀片的斜面构造相关。例如, 手术刀片一般具有 15° - 45° (对单斜面刀片而言) 的内含斜角和 15° - 45° (对双斜面刀片而言) 的半内含斜角。结合蚀刻条件选择切割锯条, 能够对斜角进行精确的控制。

[0076] 图 8 表示出按照本发明一个实施方案、切割锯条穿过安装在支撑底板上的硅晶片的操作。图 8 表示出正在硅晶片 202 的第一侧面 304 上加工沟槽的切割锯条机的操作。在此实施例中, 图 7A-7D 的任一个切割锯条 (502, 504, 506 或 508) 都可用来产生硅基手术刀片的刀峰。还应该理解, 图 7A-7D 的刀片构造不只是所能够产生的切割锯条的可能构造。图 9 是按照本发明的一个实施例, 显示在带安装的硅晶片上加工沟槽的切割锯条的剖面图。图 9 是实际上刺穿硅晶片 202 的图 8 所示同一切割锯条组件的近视剖面图。可看到, 切割锯条 502 没有从头到尾刺穿硅晶片 202, 但是对于单斜面切割来说, 刺穿硅晶片 202 的大约 50-90% 的厚度。这一点可应用到用于加工 (或模制, 经过热锻) 单斜面沟槽的任何方法中。对于采用任何切割锯条或任何加工方法的双斜面切割来说, 在硅晶片 202 的每个侧面上将切掉 (或模制) 硅晶片 202 的大约 25-49% 的厚度。图 10A 和 10B 分别表示出按照本发明一个实施方案制造的、具有单斜面切削刃的硅手术刀片和具有双斜面切削刃的硅手术刀片。

[0077] 如上所讨论的, 也能够在硅晶片 202 内切割出槽缝, 特别是如果利用切割锯条加工沟槽的话。槽缝能够以与通孔基准类似的方式即利用激光喷水器或准分子激光器, 而在硅晶片 202 内切割出来, 但是用作非常不同的目的。回忆, 通孔基准是供沟槽加工机器使用, 以便将硅晶片 202 准确地定位在沟槽加工机器上。这在制造双斜面刀片时是特别有用的, 因为必须准确地定位第二加工 (在硅晶片 202 的相反侧面上), 以确保正确制造双斜面刀片。然而, 槽缝是用于不同的目的。槽缝允许切割锯条从远离刀峰处开始切割硅晶片 202 (如图 8 所示), 而无需将硅晶片 202 劈开或断开。这是优选的实施方案, 如图 8A 所示。参照图 8, 显然, 如果不使用槽缝, 并且如图所示加工沟槽, 那么所加工的硅晶片 202 就容易沿所加工的沟槽断裂, 因为硅晶片在那些区域明显更薄, 所以较小的应力就能够导致其断裂。也就是说, 图 8 所示的加工的硅晶片缺乏结构刚性。将其与图 8C 的硅晶片进行比较。图 8C 的所加工的硅晶片 202 要硬得多, 并导致产量提高。按照图 8C 加工的硅晶片 202 比图 8 的断裂的少。如图 8A 和 8B 所示, 槽缝做得比切割锯条宽, 并且长得足以使切割锯条插入到槽缝内, 从而在适当的深度开始加工。因此, 切割锯条没有试图切割硅晶片 202, 而是向下移动, 从而导致劈开和断裂; 切割锯条在其以水平方式移动时开始切割, 正如它的设计一

样。图 8C 表示出在硅晶片 202 的第一侧面上的一组槽缝和所加工的沟槽。

[0078] 图 11 是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的激光系统的方框图。沟槽也可如参照图 12 所述的（下面将详细论述），是超声加工的。这两种方法的优点是，所制造的刀片能够具有非线性、复杂的切削刃轮廓，例如新月形刀、勺形刀片和巩膜刀片。图 11 表示出简化的激光器组件 900。激光器组件 900 包括发射激光束 904 的激光器 902，和位于基座 908 上的多轴控制机构 906。当然，激光器组件 900 也可包括计算机，并且可能是网络接口（为了清楚起见已经省略）。

[0079] 当用激光器组件 900 加工沟槽时，硅晶片 202 就安装在也适合由多轴控制机构 906 来操纵的安装组件 204 上。通过使用激光器组件 900 和多种不同的光束掩蔽技术，能够加工刀片轮廓阵列。光束掩模位于激光器 902 内部，并且通过仔细设计，可避免激光器 902 烧蚀不打算烧蚀的硅材料。对于双斜面刀片，利用预切斜面 206A, 206B 或用于对准的基准 406 在相反侧面上以相同方式加工。

[0080] 激光器 902 在湿各向同性蚀刻步骤（参照图 1 步骤 1018 详细论述）的准备中，用来在硅晶片 202 的第一侧面 304 或第二侧面 306 内准确并精确地加工沟槽图案（参照激光器的使用，也称作“烧蚀轮廓”）。多轴控制和内激光束掩模的使用，可用来扫描硅晶片 202 上的上述烧蚀轮廓。结果，获得具有与手术刀片产品所需对应的浅倾斜斜率的等高沟槽。经由这个工艺，能够获得多个不同的曲线轮廓图案。有几种激光器可用于此加工步骤。例如，可采用准分子激光器或激光喷水器 402。准分子激光器 902 的波长在 157nm-248nm 之间。其它实施例包括 YAG 激光器和具有 355nm 波长的激光器。当然，本领域的技术人员应该理解，具有一定波长（150nm-11,000nm）的激光束可用来加工沟槽图案。

[0081] 图 12 是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上加工沟槽的超声系统的方框图。通过利用进行精确加工的超声工具 104，来实施超声加工，超声工具 104 然后利用磨浆 102，来加工硅晶片 202 的第一侧面 304 或第二侧面 306。此加工一次针对一个侧面进行。对于双斜面刀片，利用用于对准的通孔基准 406 以相同方式加工相反侧面。

[0082] 超声加工在湿各向同性蚀刻步骤的准备中，用来在硅晶片 202 内准确并精确地加工沟槽图案。超声加工通过超声振动心轴 / 工具 104 来实施。工具 104 不接触硅晶片 202，但是距离硅晶片 202 非常近，并且通过由工具 104 发出超声波的操作，来激发磨浆 102。工具 104 发出的超声波迫使磨浆 102 在硅晶片 202 上腐蚀生在工具 104 上加工的相应图案。

[0083] 工具 104 经磨削、研磨或静电放电加工 (EDM) 进行加工，以便产生沟槽图案。在加工硅晶片 202 上生成的图案对应于在工具 104 上加工的图案。采用超声加工方法与采用准分子激光器相比，其优点在于，硅晶片 202 的整个侧面具有同时超声加工的许多刀片沟槽图案。由此，此工艺快速并且相当廉价。而且，与准分子激光器加工工艺类似，经此工艺可获得多种不同的曲线轮廓图案。

[0084] 图 13 是按照本发明一个实施方案、用来在硅晶片上形成沟槽的热锻系统的附图。沟槽构造也能够热锻在晶片表面内。此工艺将晶片加热到可锻状态。随后将晶片表面压在两个模具之间，从而将该负片图案合并到所生成的沟槽图案中。

[0085] 硅晶片 202 在加热室中进行预热，或者通过硅晶片 202 落座之后热基座部件 1054 的操作来进行完全加热。在高温处经过足够的时间之后，硅晶片 202 将变成可锻化的。然后，利用足够的压力将热模具 1052 向下压迫到硅晶片 202 上，以便将热模具 1052 的负片图

象印到硅晶片 202 的第一侧面 304 内。模具 1052 的设计可以是这样,使其上形成许多具有不同斜角、深度、长度和轮廓的沟槽,以便实际产生任何想象到的刀片设计。图 13 所示的附图是大大简化和夸大的,以便清楚地示出热锻工艺的有关特性。

[0086] 图 26-29 表示出按照本发明一个实施方案、利用刻纹机在结晶材料上加工线性或非线性沟槽的步骤。在图 26 中,已经在硅晶片 202 上钻出通孔 622。在本发明的此优选实施方案中,通孔 622 是避免微断裂所必需的。如上所述,通孔 622 能够利用若干不同方法之一制作在硅晶片 202 上,所述方法包括钻具的使用、超声加工、激光器或激光喷水器等。通孔 622 的数目取决于硅晶片 202 上待形成的刀片的量。通常,每个刀片需要至少两个通孔 622(刻纹起点和终点),然而,本发明的此实施方案并不局限于任何数目的通孔 622。

[0087] 在硅晶片 202 上已经钻出所有所需的通孔 622 之后,刻纹机 620(正如从上方所看到的,是逆时针旋转)在达到一定旋转速度之后下降到通孔 622 内。刻纹机 620 按照软件的控制下降到所需深度并沿所需方向移动。参见图 27,软件控制刻纹机 620 下降(以及在刻纹完成时上升)的深度、刻纹机 620 在硅晶片 202 上行进的 X-Y 方向、以及在 X-Y 方向上移动的速度。刻纹机 620 的几何形状由将来刀片形状所要求的斜角来驱动。例如,用于具体目的的手术刀片需要具体内含角和具体设计的刀片。图 28 表示出刻纹机 620 在刻划硅晶片 202 时产生的斜率。例如,如果双斜面刀片需要 30° 的封闭角,那么刻纹机的角度就应该是 150°。

[0088] 刻纹机 620 的使用为在硅晶片 202 上产生线性和非线性沟槽提供了相当廉价的装置。如图 29 所示,单刀片可以具有线性和非线性两部分。利用单个廉价工具产生沟槽,这在刀片的制造工艺中能够节省时间和费用,借此减少制造和销售成本。

[0089] 图 30 是按照本发明一个实施方案、在结晶材料上刻划线性或非线性沟槽的方法的流程图。在步骤 604,一个单独的加工工艺在硅晶片 202 上提供了所需数目的通孔 622。在步骤 606,当刻纹机 620 达到所需的旋转速度之后,将其插入到第一通孔 622 内达所需的深度。然后进行软件控制,以便按照预定图案移动刻纹机 620,从而产生所需斜角和设计的沟槽(步骤 608)。当刻纹机遇到最后一个通孔 622 时,软件控制能够使刻纹机 620 缩回(步骤 610)。此工艺可重复的次数与所需的一样多,从而在硅晶片 202 上产生最佳量的刀片(步骤 612)。

[0090] 在讨论了用于加工沟槽的若干方法之后,再重新关注图 1。步骤 1008(在硅晶片 202 的第一侧面 304 内加工沟槽)之后,在决定步骤 2001 必需决定是否涂布硅晶片 202。图 14 表示出按照本发明一个实施方案、两个侧面上具有加工沟槽且其中一个加工侧面上施加有涂层的硅晶片。如果施加涂层,那么涂层 1102 就按照本发明领域技术人员公知的许多方法之一,在步骤 2002 施加到硅晶片 202 的第一侧面 304 上。提供涂层 1102 是为了使蚀刻控制容易并使所产生的刀峰具有额外强度。硅晶片 202 位于沉积室中,在此处,硅晶片 202 的整个第一侧面 304(包括平坦区域和沟槽区域)用氮化硅(Si_3N_4)薄层涂布。所生成的涂层 1102 的厚度可以为 10nm-2 μm。涂层 1102 可以用比硅(结晶)晶片 202 硬的任何材料组成。具体地说,涂层 1102 也可用氮化钛(TiN)、氮化钛铝(AlTiN)、二氧化硅(SiO₂)、碳化硅(SiC)、碳化钛(TiC)、氮化硼(BN)或金刚石样晶体(DLC)组成。双斜面手术刀片的涂层将在下面参照图 18A 和 18B 再进行更详细的论述。

[0091] 在任选的步骤 2002 施加涂层 1102 之后,下一个步骤是 2003,即拆卸和重新安装步

骤（如果不施加涂层，步骤 2003 也可以在步骤 1008 之后）。在步骤 2003，利用相同的标准安装机器，将硅晶片 202 从带 308 上拆卸下来。通过将紫外 (UV) 线照射到 UV 敏感带 308 上以减小其厚度，机器将硅晶片 202 拆卸下来。低粘接或热释放带也可用于代替 UV 敏感带 308。在充分的 UV 线暴露之后，硅晶片 202 能够容易地从带安装中提起。在准备加工第二侧面 306 的沟槽时，硅晶片 202 然后重新进行安装，并且第二侧面 306 朝上。

[0092] 然后在硅晶片 202 上实施步骤 2004。在步骤 2004，与步骤 1008 中进行的一样，在硅晶片 202 的第二侧面 306 内加工沟槽，以便产生双斜面硅基手术刀片。图 15 是按照本发明一个实施方案、在带安装的硅晶片 202 上加工第二沟槽的切割锯条 502 的剖视图。当然，准分子激光器 902、超声加工工具 100 或热锻工艺也可以用来在硅晶片 202 上加工第二沟槽。在图 15 中，切割锯条 502 被示出在硅晶片 202 的第二侧面 306 上加工第二沟槽。涂层 1102 被示出在步骤 2002 任选地进行施加。图 10A 和 10B 分别表示出所产生的单和双斜面切削。在图 10A 中，在硅晶片 202 上制成单切削刃，在单刀片组件中产生切削角度 Φ 。在图 10B 中，以与第一沟槽相同的角度，在硅晶片 202 内加工第二沟槽（通过上述任一种沟槽加工工艺）。结果是，产生双斜面硅基手术刀片，并且每个切削刀峰展现出 Φ 切削角度，从而产生 2Φ 双斜角。图 16 表示出按照本发明一个实施方案、在两个侧面上加工沟槽的硅晶片的剖面图象。

[0093] 图 31A-31C 表示出按照本发明一个实施方案制造的双斜面多刻面刀片。在 31A 中，用顶透视图示出双斜面多刻面刀片 700。双斜面多刻面刀片 700 是按照本文所述方法制造的四重刻面刀片。角度 θ_1 表示第一组刻面 704a, 704b 的内含斜角，角度 θ_2 表示第二组刻面 704c 和 704d 的内含斜角。

[0094] 所示出的双斜面多刻面刀片 700 中的斜面和刻面，可以用上述任一种开槽方法来制造。例如，可利用激光束 904 加工沟槽，以便在双斜面多刻面刀片 700 中形成斜面。激光束 904 能够产生第一通路、在晶片的第一侧面上加工第一沟槽、加工第一沟槽、并产生适当间隔开的第二通路，以便加工第二沟槽。同样，第一多斜面刀片 700 也能够用参照图 13 更详细描述的热锻工艺来制造。而且，上述任一种用于加工沟槽的方法都能够用来加工多个沟槽，以便形成如图 31A-31C 所示的双斜面多刻面刀片 700。

[0095] 图 32A-32D 表示出按照本发明一个实施方案制造的不同的双斜面刀片。在图 32A 中，用顶透视图示出这种不同的双斜面刀片 702。这种不同的双斜面刀片 702 可以按照本文所述的方法制造。角度 θ_4 在刀尖开始钝化，然后向肩部变得更锐利，从而产生角度 θ_3 。这种设计使双斜面刀片 702 的尖端加强。

[0096] 所示出的这种不同的双斜面刀片 702 中的斜面，可以用上述任一种开槽方法来制造。例如，利用激光束 904 加工沟槽，以便在可变的双斜面刀片 702 中形成斜面。调整激光束 904，以便通过按照软件程序控制加工结晶材料而产生不同的斜面。同样，第一多斜面刀片 700 也能够用参照图 13 更详细描述的热锻工艺来制造。而且，上述任一种用于加工沟槽的方法都能够用来加工多个沟槽，以便形成如图 32A-32D 所示的双斜面刀片 702。图 32B 和 32C 是双斜面刀片 702 的两个侧透视图，表示出斜角 Φ_3 和 Φ_4 是如何根据与刀尖的距离而在双斜面刀片 702 上改变的。图 32D 是截面图 C-C，即双斜面刀片 702 的前视图。图 32D 表示出第一、第二、第三和第四刻面 706a-d，以及第一和第二切削刃 708a, b。

[0097] 图 20B 和 20D 也是显示能够制造的具有多个斜角的多个切削刃刀片的顶部透视

图。本文所述的方法能够制造诸如图 20B 和 20D 所示的那些刀片,其中每个切削刃具有不同的斜角。在图 20B 和 20D 中,有四个切削刃,并且每个刃具有不同的单或双斜角。此外,每个斜角可具有一个或多个刻面(如上所述)。这些仅仅是为了解释目的而示出的,并没有限定本文所述实施方案的意思。

[0098] 在加工沟槽步骤 2004 之后,必须在决定步骤 2005 决定,是在步骤 1018 蚀刻双加工开槽的硅晶片 202,还是在步骤 1016 切割双加工开槽的硅晶片 202。切割步骤 1016 可以用切割锯条、激光束(例如准分子激光器或激光喷水器 402)来实施。切割将所生成的待蚀刻的条带(在步骤 1018)置于代替晶片船(wafer boat)的定制的固定器上(以下详细论述)。

[0099] 图 17A 和 17B 表示出按照本发明一个实施方案、在两个侧面上具有加工沟槽的硅晶片上实施的各向同性蚀刻工艺。在蚀刻步骤 1018,将所加工的硅晶片 202 从带 308 上拆卸下来。然后将硅晶片 202 放置到晶片船中并浸渍到各向同性酸浴 1400 中。控制蚀刻剂 1402 的温度、浓度和搅动,以便使蚀刻工艺的均匀性最大。所用的优选各向同性蚀刻剂 1402 是由氢氟酸、硝酸和醋酸(HNA)组成的。其它组合及浓度也可用来实现相同的目的。例如,水与醋酸互换。可以用喷雾蚀刻、各向同性二氟化氙气体蚀刻和电解蚀刻替代浸渍蚀刻来获得相同的结果。可用于气体蚀刻的另一化合物实施例是,六氟化硫或其它类似的氟化气体。

[0100] 蚀刻工艺均匀地蚀刻硅晶片 202 的两个侧面及其各自的沟槽,直到对置的沟槽轮廓互相交叉为止。一旦出现这种现象,硅晶片 202 就立即从蚀刻剂 1402 中取出并进行漂洗。通过此工艺获得的预期切削刃的半径为 5nm-500nm。

[0101] 各向同性化学蚀刻是一种用来以均匀方式除去硅的工艺。在按照本发明一个实施方案的制造工艺中,通过上述加工产生的晶片表面轮廓,均匀地与晶片的相反侧面上的轮廓互相交叉(如果需要单斜面刀片,那么未加工的相反硅晶片表面将发生交叉)。各向同性蚀刻的使用是为了在保持刀片角度的同时获得所需的刀片锐度。只通过加工使晶片轮廓交叉的尝试失败了,这是因为所需的刀峰几何形状太脆弱,以至于不能承受加工机械力和热力。各向同性蚀刻剂 1402 的每个酸性成分在各向同性酸浴 1400 中都具有具体作用。首先,硝酸氧化暴露的硅,其次,氢氟酸除去被氧化的硅。醋酸在此工艺过程中用作稀释剂。对组成、温度和搅动的精确控制是获得可重复结果所必需的。

[0102] 在图 17A 中,将没有涂层 1102 的硅晶片 202 放置到各向同性蚀刻浴 1400 中。注意,每个手术刀片,即第一手术刀片 1404、第二手术刀片 1406 和第三手术刀片 1408,彼此相连。当蚀刻剂 1402 对硅起作用时,一层又一层的分子随着时间的流逝而被除去,从而减小了硅(即手术刀片)的宽度,直到两个角度 1410 和 1412(第一手术刀片 1404 的)在与下一个手术刀片(第二手术刀片 1406)接合的那一点相交。结果是,形成若干个手术刀片(1404, 1406 和 1408)。注意,在整个各向同性蚀刻工艺中保持相同的角度,只是极少有硅材料保留下,因为它已经被蚀刻剂 1402 溶解了。

[0103] 图 18A 和 18B 表示出按照本发明另一个实施方案、在两个侧面上具有加工沟槽并且一个侧面上具有涂层的硅晶片上的各向同性蚀刻工艺。在图 18A 和 18B 中,带 308 和涂层 1102 已经留在硅晶片 202 上,从而蚀刻工艺仅对硅晶片 202 的第二侧面 306 起作用。晶片在蚀刻工艺过程中被安装在带上是不必要的;这仅仅是一种制造的选择。再者,各向同性

蚀刻材料 1402 只对暴露的硅晶片 202 起作用,从而除去硅材料(一层又一层地),但保持相同的角度(正如在步骤 2004 中加工的一样)(因为这是第二侧面 306)。结果,在图 18B 中,硅基手术刀片 1504,1506 和 1508 在第一侧面 304 由于带 308 和任选涂层 1102 而具有相同角度(正如在步骤 1008 和 2004 中加工的),在第二侧面 306 由于各向同性蚀刻剂 1402 沿加工沟槽表面除去均匀层的硅分子而具有相同角度。硅晶片 202 的第一侧面 304 根本没有进行蚀刻,从而使最终的硅基手术刀片具有额外强度。

[0104] 采用任选步骤 2002(即将涂层 1102 施加到硅晶片 202 的第一侧面 304 上)的另一个益处是,切削刃(第一加工沟槽侧面)由具有比基础硅材料更强的材料特性的涂层 1102(优选地由氮化硅层组成)组成。因此,施加涂层 1102 的工艺导致更强和更耐用的切削刃的生成。涂层 1102 还使刀片表面具有磨损屏障,这对于在机电往复式桨叶装置中与钢接触的刀片来说是所需要的。表 I 示出了没有涂层 1102(硅)和有涂层 1102(氮化硅)的所制造的硅基手术刀片的一般强度指示规格。

[0105] 表 I

[0106]

性质	硅	氮化硅
杨氏模量 (GPa)	160	323
屈服强度 (GPa)	7	14

[0107] 杨氏模量(也称作弹性模量)是材料固有硬度的测量值。模数越高,材料越硬。屈服强度是材料在负荷下从弹性过渡到塑性形变的那一点。换言之,就是材料不再伸缩而将持久弯曲或断裂的那一点。蚀刻之后(有或没有涂层 1102),将所蚀刻的硅晶片 202 彻底漂洗和清洁,以除去所有残余的蚀刻剂化学物质 1402。

[0108] 图 19 表示出按照本发明一个实施方案制造的一个侧面上具有涂层的双斜面硅手术刀片的所得切削刃。切削刃 1602 一般具有 5-500nm 的半径,这与金刚石手术刀片类似,但是制造成本却低得多。在步骤 1018 的蚀刻工艺实施之后,硅基手术刀片能够按照步骤 1020 进行安装,这与安装步骤 1002 和步骤 2003 相同。

[0109] 安装步骤 1020 之后,硅基手术刀片(硅刀片)在步骤 1022 分成单个的,即,通过利用切割锯条、激光束(例如激光喷水器 402 或准分子激光器)或其它适当装置将每个硅刀片切开,而将硅刀片彼此分开。正如本领域技术人员能够理解的,也可以使用具有 150nm-11,000nm 内一定波长的激光器。此波长范围内的激光器实施例是准分子激光器。激光喷水器(YAG 激光器)的独特性是,它能够在晶片上卷绕出曲线形的中断图案。这使得制造商具有实际上制作非限定数目的非切削刃刀片轮廓的灵活性。激光喷水器利用水流作为使激光象条锯那样切割的波导。这不能用本领域的目前切割机器来实现,这些切割机器如上所述仅能切割成连续的直线图案。

[0110] 在步骤 1024,按照消费者的具体需要,将分成单个的手术硅刀片拾起并放置到刀片柄组件上。然而,在实际的“拾起和放置”之前,在晶片安装机器中用紫外(UV)线照射所蚀刻的硅晶片 202(安装在带和架上或者带/晶片架上),以减小带 308 的粘度。还在“粘度减小的”带和架上或带/晶片架上的硅晶片 202,然后被装载到商业上购得的模片固定组件系统内。回忆以上步骤,某些步骤的顺序可以按照不同的制造环境来互换。一个这样的实施例是分成单个和用 UV 线照射的步骤:这些步骤如果需要的话是可以互换的。

[0111] 模片固定组件系统将从“粘度减小的”带和晶片或带/晶片架上取下各个蚀刻的

硅手术刀片，并在期望限度内将硅手术刀片固定到它们各自的保持器上。利用环氧化物或粘合剂来安装这两个部件。其它组装方法也可用来将硅手术刀片固定到其各自的基板上，包括热铆接、超声铆接、超声焊接、激光焊接或低共熔粘结。最后在步骤 1026，包装完全组装好的带有手柄的硅手术刀片，以确保无菌和安全，并进行运输，以便按照硅手术刀片的设计来使用。

[0112] 用来将手术刀片安装到其保持器上的另一种组装方法包括槽缝的另一种使用。槽缝，如上所述，是用激光喷水器或准分子激光器产生的，并且用来为切割锯条提供开口，以便在加工沟槽时啮合硅晶片 202。槽缝的附加使用是为了在刀片上提供保持器上的一个或多个支柱的接收器。图 24 表示出这样的设置。在图 24 中，最终的手术刀片 2402 具有在其保持器的界面区域 2406 产生的两个槽缝 2404a, 2404b。这些槽缝与刀片保持器 2410 的支柱 2408a, 2408b 接合。槽缝可在制造工艺中的任何时刻被切到硅晶片 202 内，但是优选在手术刀片分成单个的之前进行。在接合之前，可将粘合剂施加到适当区域，从而确保紧密固定。然后，如图所示，粘贴盖帽 2412，以便使最终产品具有成品外观。实施后槽缝组装的目的是，给刀片 2402 提供针对切割过程中遇到的任何拉力的额外抗力。

[0113] 在描述了双斜面硅基手术刀片的制造工艺之后，将注意力转到图 2，该图是按照本发明第二实施方案、用硅制造单斜面手术刀片的方法的流程图。图 1 的步骤 1002, 1004, 1006, 1008 与图 2 所示的方法相同，因此不用重复。然而，制造单斜面手术刀片的方法在下一个步骤 1010 不同于制造双斜面刀片的方法，因此将详细论述。

[0114] 在步骤 1008 之后，决定步骤 1010 决定，是否将所加工的硅晶片 202 从硅晶片安装组件 204 上拆卸下来。如果单沟槽硅晶片 202 要拆卸下来（在步骤 1012），那么进一步的选择是，在步骤 1016 切割单沟槽晶片。在任选的拆卸步骤 1012，利用相同的标准安装机器将硅晶片 202 从带 308 上拆卸下来。

[0115] 如果硅晶片 202 在步骤 1012 拆卸下来，那么任选地硅晶片 202 可在步骤 1016 进行切割（即，硅晶片 202 被切成若干条带）。切割步骤 1016 可以用切割片、准分子激光器 902 或激光喷水器 402 来实施。切割将待蚀刻的（在步骤 1018）所生成的条带置于定制固定器上而不是放在晶片船（以下详细讨论）。在切割步骤 1016、拆卸步骤 1012 或加工沟槽步骤 1008 之后，在制造单斜面硅基手术刀片的方法中下一个步骤是，步骤 1018。步骤 1018 是蚀刻步骤，该步骤在上面已经详细论述过。其后，接着是步骤 1020, 1022, 1024 和 1026，这些步骤在上面已经参照双斜面硅基手术刀片的制造详细描述过，因此无需再论述。

[0116] 图 3 是按照本发明第三实施方案用硅制造单斜面手术刀片的替换型方法的流程图。图 3 所示的方法在步骤 1002, 1004, 1006, 1008 与图 2 所示的相同。然而，在图 3 的步骤 1008 之后，有涂布步骤 2002。涂布步骤 2002 在上面参照图 1 描述过，因此无需再详细论述。涂布步骤的结果与前述相同：硅晶片 202 的加工面上具有层 1102。

[0117] 在涂布步骤 2002 之后，在步骤 2003 拆卸和重新安装硅晶片 202。此步骤也与前面参照图 1（步骤 2003）论述的相同。结果是，硅晶片 202 的涂布侧面在安装组件 2004 上面朝下。其后，步骤 1018, 1020, 1022, 1024 和 1026 发生，所有这些步骤在上面已经详细描述过。纯粹的结果是，单斜面手术刀片的产生，并且第一侧面 304（加工侧面）配有涂层 1102，从而改善了手术刀片的强度和耐用性。图 23A 和 23B 更详细地示出和描述了单斜面涂布的手术刀片。

[0118] 图 23A 和 23B 表示出按照本发明又一个实施方案、在一侧具有加工沟槽并且在相对侧具有涂层的硅晶片上的各向同性蚀刻工艺。如上所述,硅晶片 202 具有施加到第一侧面 304 上的涂层 1102,第一侧面 304 然后安装到带 308 上,由此与其紧密接触(如图 23A 所示)。硅晶片 202 然后放置到含有蚀刻剂 1402 的浴 1400 中(如上详细论述的)。蚀刻剂 1402 开始蚀刻硅晶片 202 的第二侧面 306(“顶侧”),从而除去一层又一层的硅分子。一段时间之后,硅晶片 202 具有被蚀刻剂 1402 减少的厚度,直到第二侧面 306 与第一侧面 304 和涂层 1102 接触为止。结果是,氮化硅涂布的单斜面硅基手术刀片的产生。具有氮化硅(或涂布的)刀峰的所有上述优点都等同地赋予这种类型的刀片(如参照图 18A、18B 和 19 所示和论述的)。

[0119] 图 20A-20G 表示出能够按照本发明方法制造的硅基手术刀片的不同实施方案。采用此工艺能够制造不同设计的刀片。能够产生具有单斜面、对称和不对称双斜面、和曲线切削刃的刀片。对于单斜面,加工仅仅在晶片的一侧面上实施。可形成不同的刀片轮廓,例如单刀峰凿子(图 20A)、三刀峰凿子(图 20B)、狭缝式二刀峰锐器(图 20C)、狭缝式四刀峰锐器(图 20D)、刺式一刀峰锐器(图 20E)、角膜式一刀峰锐器(图 20F) 和月牙形曲线尖刀峰(图 20G)。齿廓角、宽度、长度、厚度和斜角可以随着此工艺而改变。此工艺能够与传统的光刻技术组合,以便产生更多的变型和特性。

[0120] 图 21A 和 21B 分别是放大 5,000 倍的、按照本发明一个实施方案制造的硅手术刀片和不锈钢手术刀片的侧视图。注意图 21A 与 21B 之间的差别。图 21A 更光滑、更均匀。图 22A 和 22B 分别是放大 10,000 倍的按照本发明一个实施方案制造的硅手术刀片和不锈钢刀片的刀峰的顶视图。再者,图 22A 与 22B 之间的差别是,前者即按照本发明一个实施方案的方法的结果,比图 22B 的不锈钢刀片更光滑、更均匀。

[0121] 图 25A 和 25B 是按照本发明一个实施方案用结晶材料制成的刀峰和用包括层转化工艺的结晶材料制成的刀峰的轮廓透视图。在本发明另一个实施方案中,在蚀刻硅晶片之后,基底材料表面可能化学转变成新材料 2504。这个步骤也称作“热氧化、氮化物转化”或“硅表面的碳化硅转化”步骤。根据允许哪些元素与基底 / 刀片材料相互作用,可产生其它化合物。将刀片表面转化成基底材料化合物的益处是,能够选择新的材料 / 表面(或转化层),以便产生更硬的切削刃。但是与涂层不同,刀片的切削刃保持后蚀刻步骤的几何形状和锐度。注意,在图 25A 和 25B 中,硅刀片的深度由于转化工艺而没有改变;“D1”(只有硅的刀片的深度)等于“D2”(具有转化层 2504 的硅刀片的深度)。

[0122] 图 33A-36C 表示出可用于眼科目的并且按照本发明方法制造的手术刀片的若干实施例。图 33A-33D 表示出按照本发明方法制造的用于眼科及其它显微手术目的的手术刀片的第一实施例的第一和第二实施方案。图 33A-C 表示出可用于眼科白内障手术目的的狭缝式刀片 / 刀 720。狭缝式刀片 / 刀 720 具有第一斜面组 722a 和第二斜面组 722b。第一和第二斜面组 722a,722b 每个可以是具有相同或不同角度的单斜面、具有相同或不同角度的双斜面,或者每个斜面组 722a,722b 可以是多斜面和一个或多个刻面。斜角、刀片角度、厚度和刻面数目的组合,是能够根据狭缝式刀片 / 刀 720 的特定用途来改变并根据本发明实施方案按照本文公开的方法来制造的所有设计标准。图 33B 是狭缝式刀片 / 刀 720 的顶视图,表示出第一和第二单斜面 722a,b、第一和第二切削刃 714a,b、中心线 712 和顶点 715。图 33D 表示出狭缝式刀片 / 刀 720 的第二实施方案。此图,与图 33C 类似,表示出第一切削

刃 714a 和第一及第三斜面 722a, c。第一和第二斜面被表示成特征 716a, b。

[0123] 图 34A-34C 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术目的的手术刀片的第二实施例。图 34A-34C 表示出用于屈光 (LASIKTM) 眼科手术的微角膜刀片 724。微角膜刀片 724 具有一个斜面 726, 此斜面可以是带有一个或多个刻面的单或双斜面。斜角、刻面以及它们的设置和布置的组合, 对于图 33A-36C、还有别处所示的手术刀片来说, 实质上没有限定。微角膜刀片 724 表示出双斜面 726 (第一斜面 726a 和第二斜面 726b)。孔 728a 和 728b 可用于将微角膜刀片 724 安装在刀手柄上 (如上所述)。图 34B 和 34C 表示出微角膜刀片 724 的切削刃 718、以及第一和第二侧面 719a, b。

[0124] 图 35A-35C 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术目的的手术刀片的第三实施例。图 35A-35C 表示出用于白内障眼科手术的小型刀片 / 刀 730。图 35A-35C 所示的小型刀片 / 刀 730 具有单个的、基本上为圆形的刀片。圆形是优选的, 但不是必需的; 其它曲线形状 (例如椭圆形) 也可以使用。刀片可以是单、双或多斜面刀片或者它们的任意组合 (如上所述)。正如在图 35B 和 35C 中所看到的, 斜面 742 形成切削刃 732。通过以弧度为 θ 的基本上恒定的半径 748 (在圆形刀片的情形中) 将结晶材料从第一点 744a 到第二点 744b 进行加工, 而形成斜面。通常, 小型刀片 / 刀 730 是对称的, 从而围绕中点 746 和中心线 750 形成斜面。

[0125] 图 36A-36C 表示出按照本发明方法制造的可用于眼科及其它显微手术目的的手术刀片的第四实施例。图 36A-36C 表示出可用于白内障眼科手术的月牙型刀片 / 刀 734。图 36A-36C 所示的月牙型刀片 / 刀 734 具有单个的卵形刀片。再者, 卵形是优选的, 但不是必需的。月牙形刀片 / 刀 734 优选地具有单斜角刀片, 但是刀片可以是单或双斜面刀片或者它们的任意组合, 并且每个斜面具有一个或多个刻面 (如上所述)。正如在图 36B 和 36C 中所看到的, 通过加工 (以及随后蚀刻) 斜面 752 而形成切削刃 736。将斜面 752 以与中心线 754 成 θ 角度从第一点 756a 到第二点 756b 加工一段第一距离。在第二点 756b, 斜面基本上变成具有固定半径的圆形, 并且以角度 Φ (在此情形中大约为 180 度) 加工到第三点 756c。其后, 斜面继续以线性方式以角度 θ (相对于中心线 754) 加工一段第一距离到达第四点 756d。再者, 与图 33A-C 中的刀片一样, 月牙形刀片 / 刀 734 基本上是对称的, 因此从第一点到第二点的距离与从第三点到第四点的距离基本上相等。

[0126] 参照图 1, 在步骤 1018 之后, 决定转化表面 (决定步骤 1019)。如果加入转化层 (在决定步骤 1019 是“是”的路线), 就在步骤 1021 加入转化层。该方法然后进行到步骤 1020。如果不加入转化层 (在决定步骤 1019 是“否”的路线), 方法就进行到步骤 1020。转化工艺需要扩散或高温炉。基底在真空下或惰性环境中被加热到超过 500° C 的温度。所选择的气体以浓度受控的方式计量进入炉内, 并且由于高度它们扩散到硅内。当气体扩散到硅内时, 它们就与硅发生反应, 从而形成新化合物。由于新材料是通过扩散并与基底发生化合物反应而产生的, 不是通过施加涂层产生的, 因此硅刀片的原始几何形状 (锐度) 得以保留。转化工艺的额外好处是, 转化层的光学折射系数与基底不同, 因此刀片显现出颜色。该颜色取决于转化材料的组成及其厚度。

[0127] 已经在表面转化的单晶体基底材料与未转化刀片相比, 也具有优良的抗碎性和耐磨性。通过将表面变成更硬的材料, 基底沿结晶面形成裂纹启动位点并裂开的倾向得以减小。

[0128] 能够具有一些互换性地实施的制造步骤的另一实施例是糙面精整步骤。经常地，尤其是在手术刀片的优选实施方案的制造中，刀片的硅表面具有高反射率。如果刀片在具有照明源的显微镜下使用，那么这一点可能分散外科医生的注意力。因此，刀片表面配有扩散入射光（诸如，在手术过程中从所用的高强度灯中发出），从而使其变暗（与光亮相反）的糙面精整。通过用合适的激光器照射刀片表面以便按照具体图案和密度烧蚀刀片表面上的区域，而产生糙面精整。烧蚀区域被制成圆形，因为这通常是发出的激光束的形状，尽管无需是这种情形。圆形烧蚀区域的尺寸为，直径在 25–50 μm 之间，并且这也取决于制造商和所用的激光器种类。圆形烧蚀区域的深度在 10–25 μm 范围。

[0129] 圆形烧蚀区域的“密度”称作被圆形烧蚀区域覆盖的总百分表面积。约 5% 的“烧蚀区域密度”就使刀片从其正常的光滑、镜样外观明显变暗。然而，共同定位所有的烧蚀区域并不影响刀片其余的镜样效果。因此，圆形烧蚀区域横贯刀片的表面积但以随机的方式来施加。实践中，可产生随机定位凹陷但获得具体烧蚀区域密度和图案随机性的所需效果的图形文件。此图象文件可人工产生，或者利用计算机中的程序自动产生。能够执行的另一个特征是，在刀片自身上铭刻系列号、制造商的理念或手术医生或医院的名字。

[0130] 一般，高架激光器可用来在刀片上产生糙面精整，或者是检流计头 (galvo-head) 激光器也可以如此。前者较慢，但相当准确，而后者较快，但不如高架激光器准确。由于整体准确度不是很关键，并且制造速度直接影响成本，因此检流计头激光器是优选工具。此工具每秒钟能够移动上千毫米，因此对于一般的手术刀片，使整个烧蚀区域的蚀刻时间大约为 5 秒钟。

[0131] 图 37A–37C 是按照本发明一个实施方案制造的手术刀片 340 的另外几个视图。在图 37A 中，表示出手术刀片的几个不同参数。例如，侧切削长度、顶 – 肩长度和齿廓角都示出了。每个参数值随着刀片的设计和预期用途的不同而不同。然而，由于制造手术和非手术刀片的方法的益处（如下所述），按照这些方法制造的某些手术刀片的齿廓角比一般遇到的要小些。仅仅为了图示目的，并且不具有限定意义，按照本发明一个实施方案的特定刀片轮廓具有约 60° 的齿廓角。图 37B 和 37C 表示出上述的另外几个参数。

[0132] 本领域技术人员公知的其它工业术语和参数是，刀片的棱角半径。“切削半径”或“棱角半径”是切割皮肤、眼睛（在眼科使用的情形中）或其它材料 / 物质的锐边的半径。如果诸如手术医生用刀片切或割病人的眼睛，那么非常重要的是（如果不是关键的话），所用的刀片尽可能地锐。图 38A 和 38B 表示出按照本发明一个实施方案制造的手术刀片的棱角半径。图 38B 是沿图 38A 的刀片 350 的 A–A 线所作的视图。按照本文如下所述的本发明实施方案制造的刀片（手术或非手术的），可具有约 30nm–60nm 的棱角半径，并且在本发明一个实施方案中，可具有约 40nm 的棱角半径。表 II 和表 III 示出了在金属刀片棱角半径和按照本文如下所述的本发明实施方案制造的硅刀片棱角半径的测定中汇集的原始数据。此数据在图 39 中由第一曲线 362 汇总，该曲线表示出，按照本文所述的本发明实施方案制造的刀片棱角半径范围，比金属刀片棱角半径范围（如图 39 的第二曲线 364 所示）小得多。越小的棱角半径产生越锐的刀片。

[0133] 表 II

[0134] 棱角半径 – 金属刀片

[0135]

刀片	编号	半径	平均值	标准偏差	
ACC1	1	784			所有金属刀片的平均半径
	2	1220			1296nm
	3	975			
	4	1180			所有金属刀片的标准偏差
	5	1345	1101	222	269nm
ACC2	1	1190			
	2	1430			
	3	1180			
	4	1170			
	5	1740	1342	248	
ACC3	1	1600			
	2	1250			
	3	905			
	4	940			
	5	1220	1183	281	
ACC4	1	1430			
	2	1290			
	3	1380			
	4	1460			
	5	1670	1446	141	
ACC5	1	1600			
	2	1150			
	3	923			
	4	992			
	5	1110	1155	265	
ACC6	1	1530			
	2	1240			
	3	1810			
	4	1670			
	5	1500	1550	213	

[0136] 表 III

[0137] 棱角半径 - 硅刀片

[0138]

刀片	编号	半径	平均值	标准偏差	
1	1	41			所有硅刀片的平均半径
	2	54			33.7
	3	47			
	4	56			所有硅刀片的标准偏差
	5	48	49.2	5.97	9.77
2	1	19			
	2	28			
	3	24			
	4	22			
	5	22	23	3.32	
3	1	31			
	2	35			
	3	35			
	4	39			
	5	39	35.8	3.35	

刀片	编号	半径	平均值	标准偏差	
4	1	28			
	2	35			
	3	39			
	4	43			
	5	30	35	6.20	
5	1	35			
	2	32			
	3	33			
	4	37			
	5	28	33	3.29	
6	1	28			
	2	35			
	3	15			
	4	22			
	5	31	26.2	7.85	

[0139] 如上所述,转化步骤(在图1中表示为步骤1021),将基底材料变成新化合物(参见图25A和25B)。可用于转化工艺的元素及化合物包括氧或H₂O(如果基底材料是硅,那么其将产生二氧化硅(SiO₂))、氨或氮(产生氮化硅(SiN₃))或任何碳基化合物(产生碳化硅(SiC))。其它元素也可以与硅或其它基底材料一起使用,这正如半导体业所公知的。转化层(被转化成新化合物的那部分基底材料)与刀片相比相对薄。实际厚度为约0.1 μm-10.0 μm。用本文所述的任何方法产生的任何刀片都能够承受转化工艺,以产生转化层。此方法步骤也可加入到上述用基底材料制造刀片的任何方法中。

[0140] 上面已经参照本发明的某些示范性实施方案对本发明进行了描述。然而,对于本领域技术人员显而易见的是,可以用除上述示范性实施方案之外的具体形式表达本发明。这并不脱离本发明的精髓和范围。示范性实施方案仅仅是为了图示说明,而决不应该视为具有限定意义。本发明的范围由所附的权利要求书及其等同物来定义,而不是由前面的描述来定义。

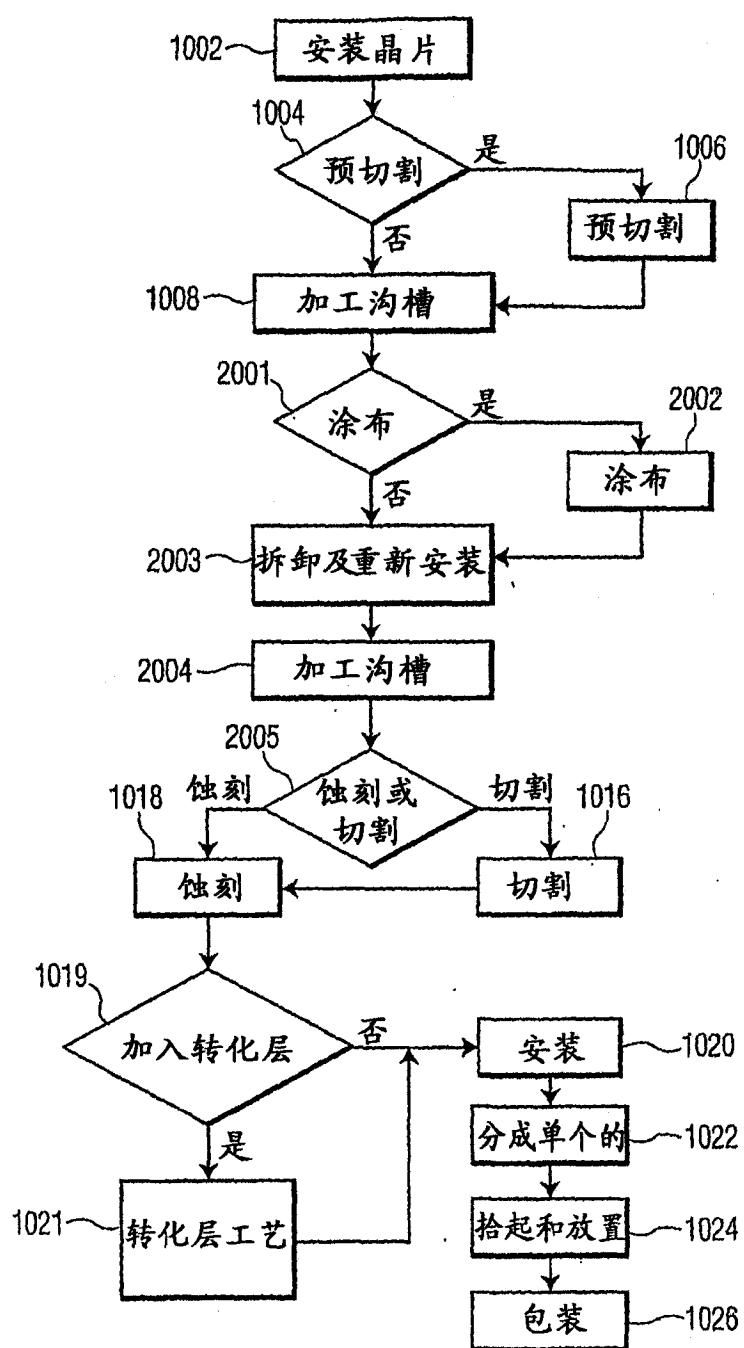


图 1

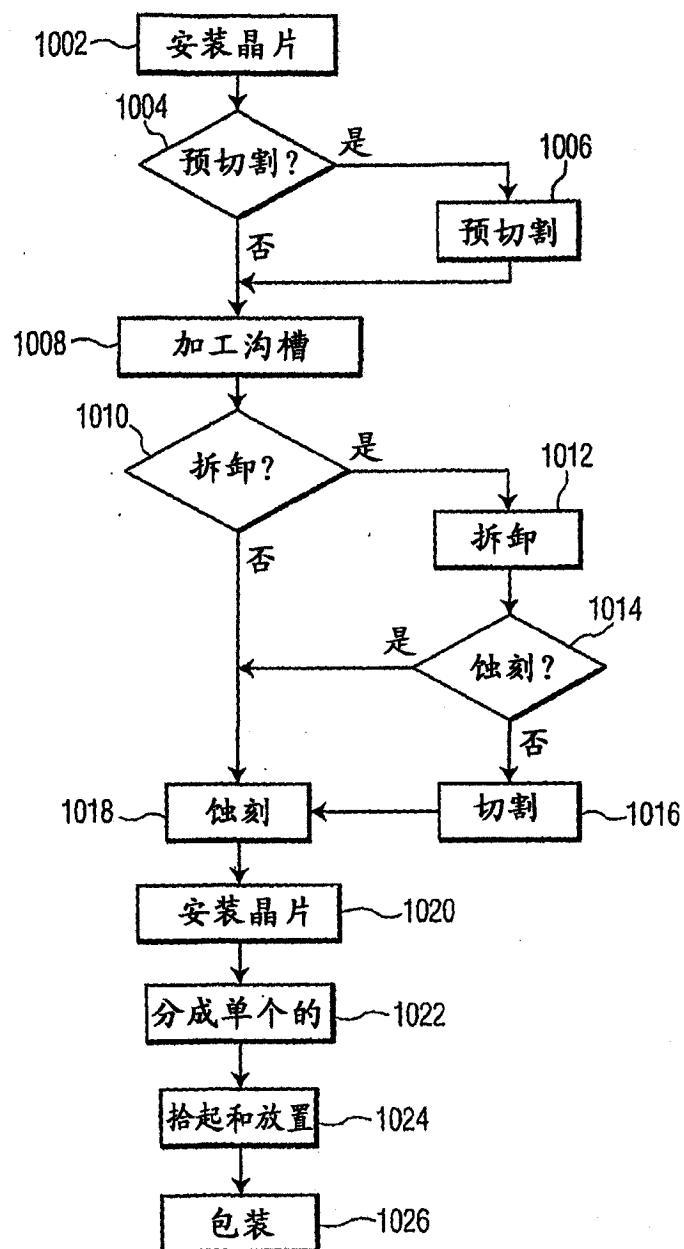


图 2

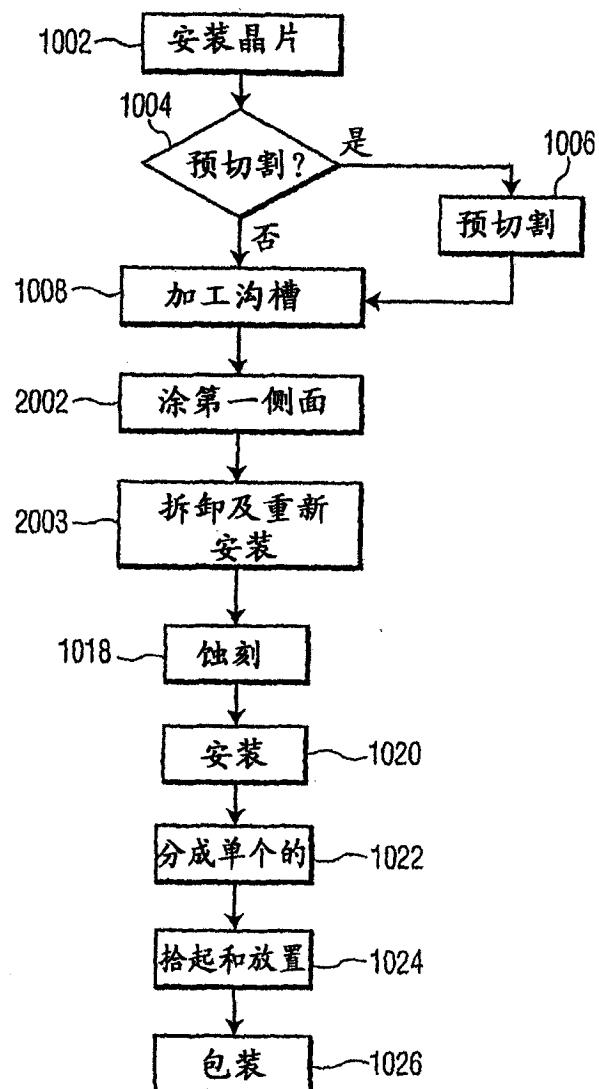


图 3

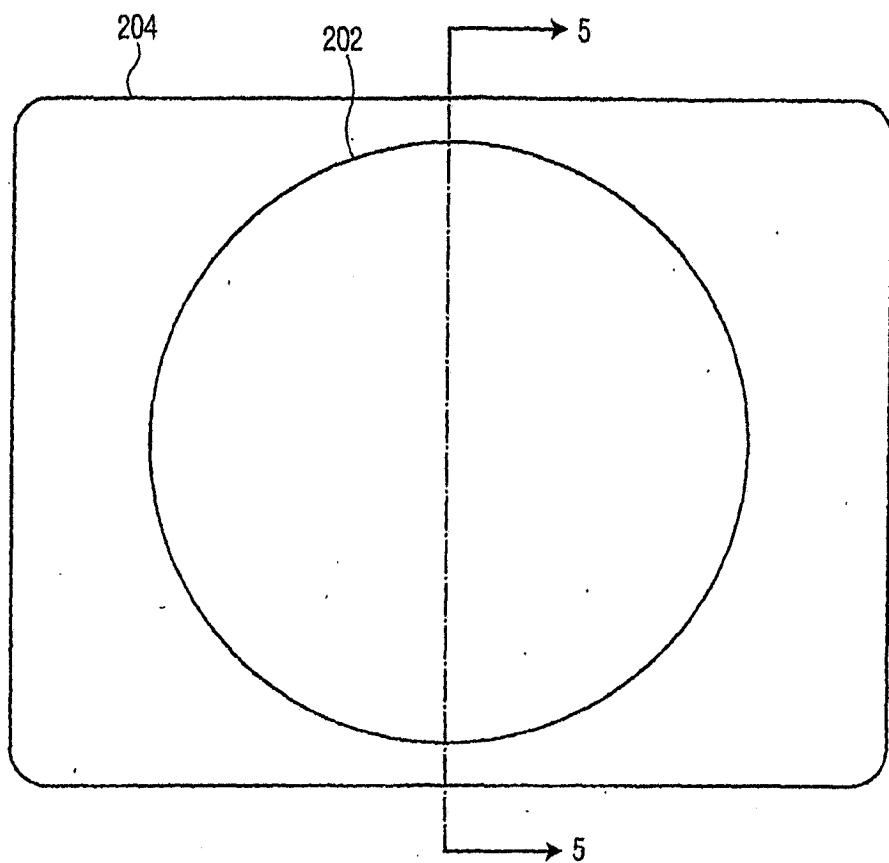


图 4

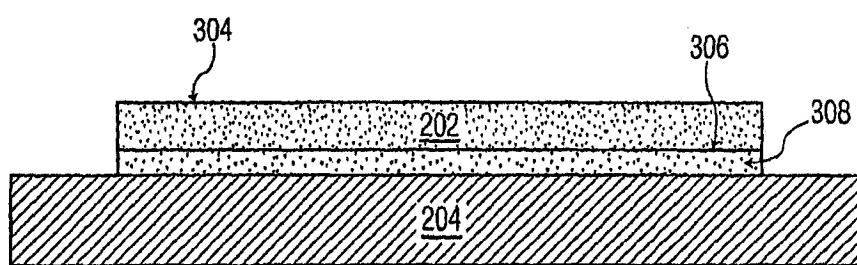


图 5

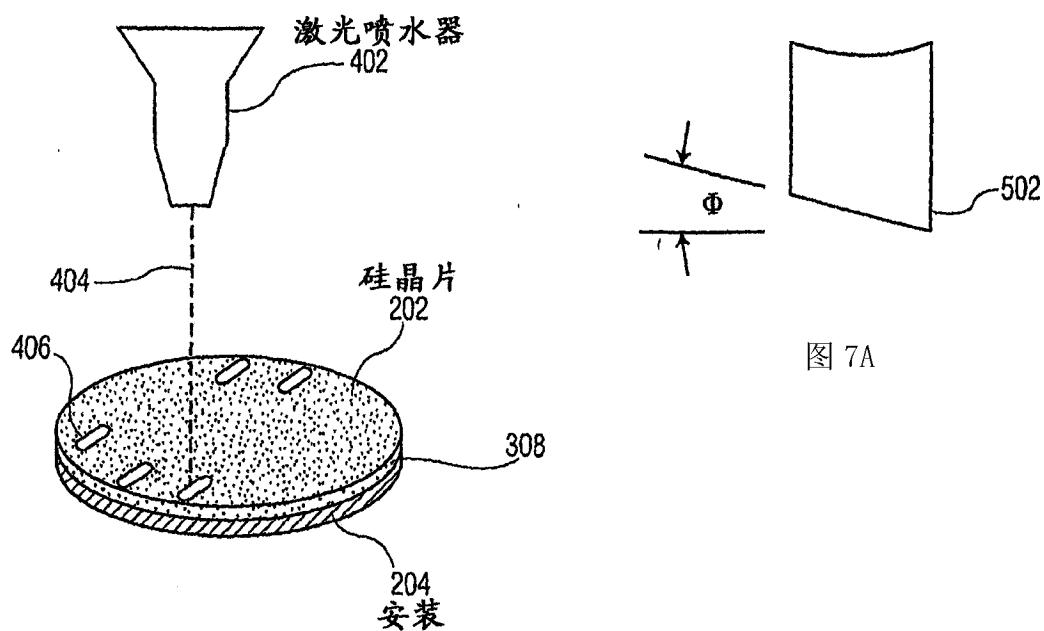


图 6

图 7A

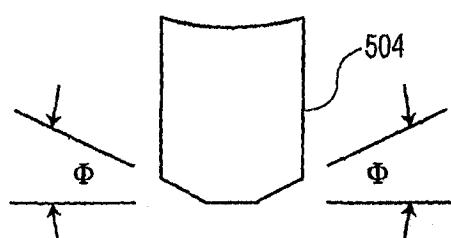


图 7B

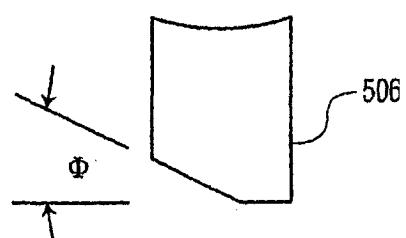


图 7C

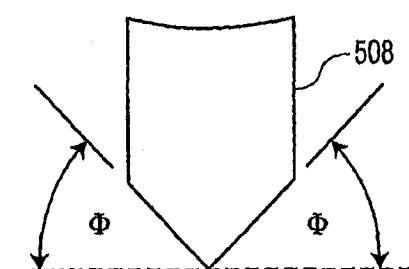


图 7D

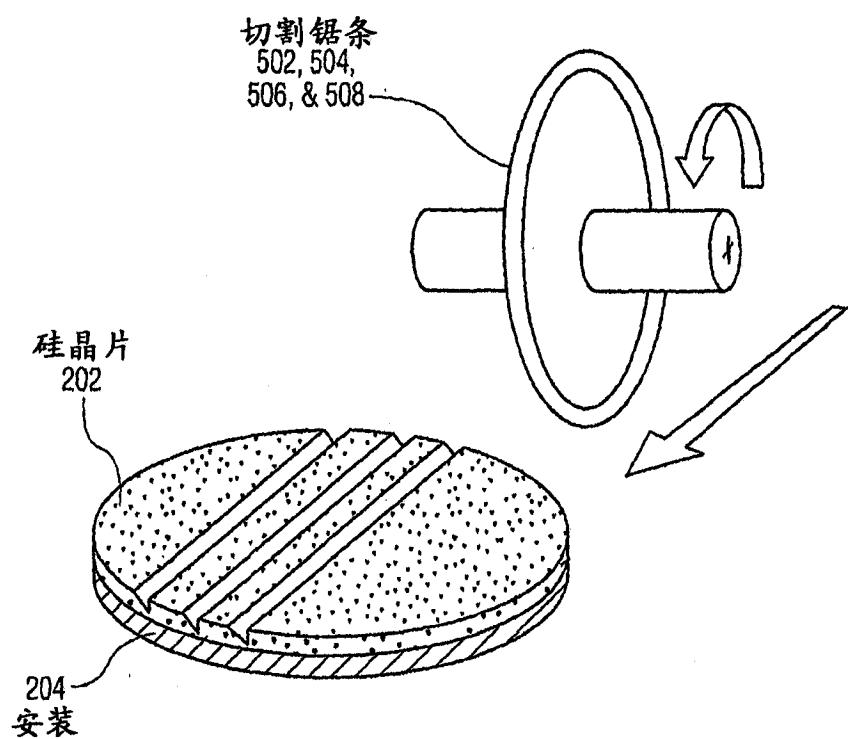


图 8

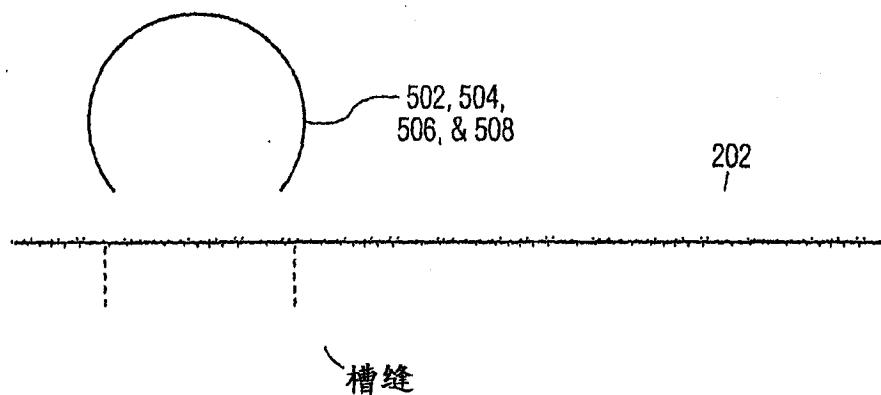


图 8A

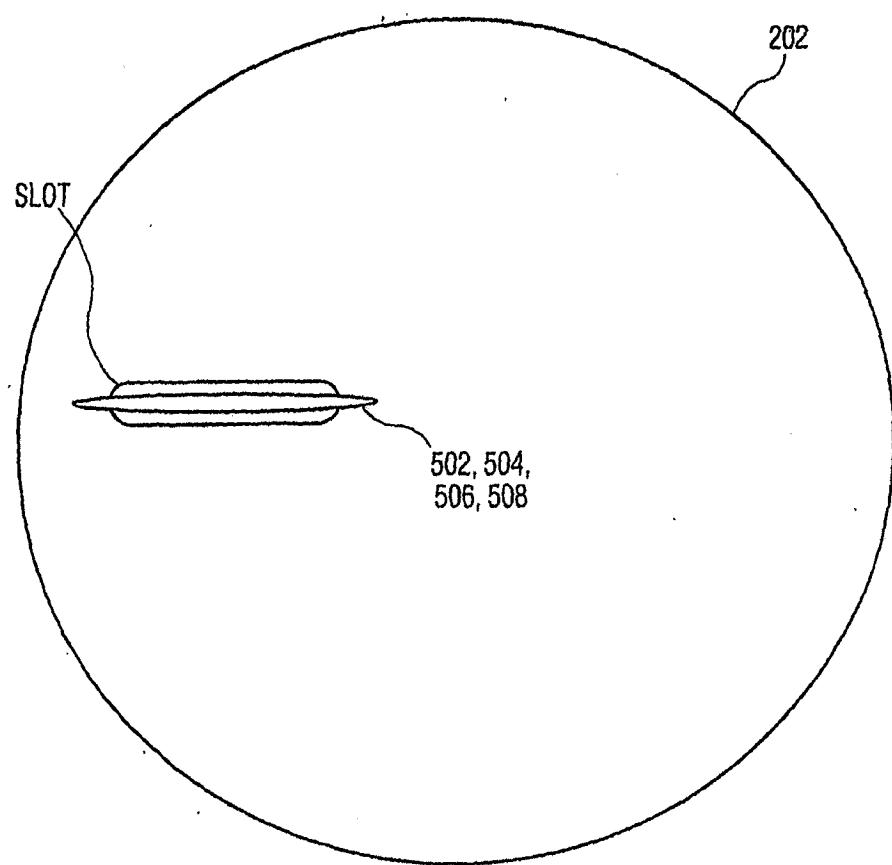
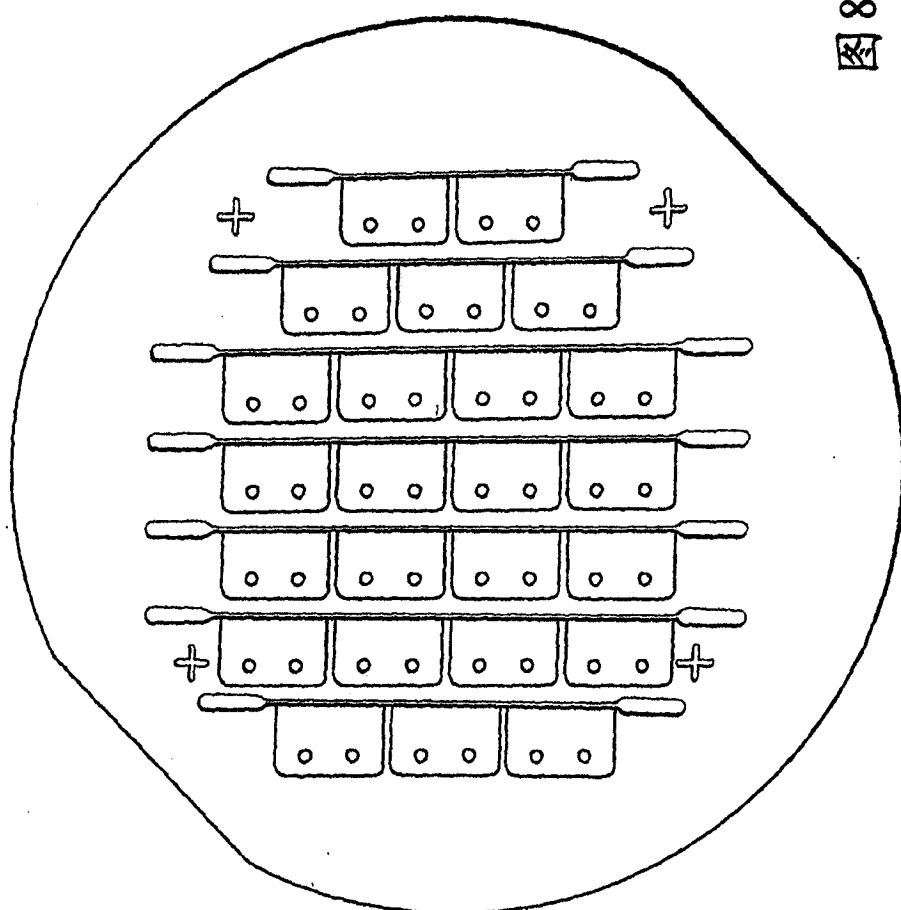
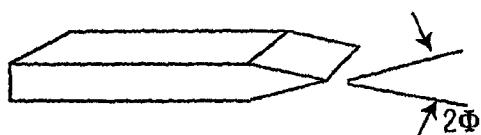
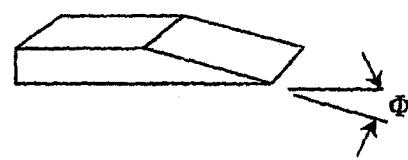
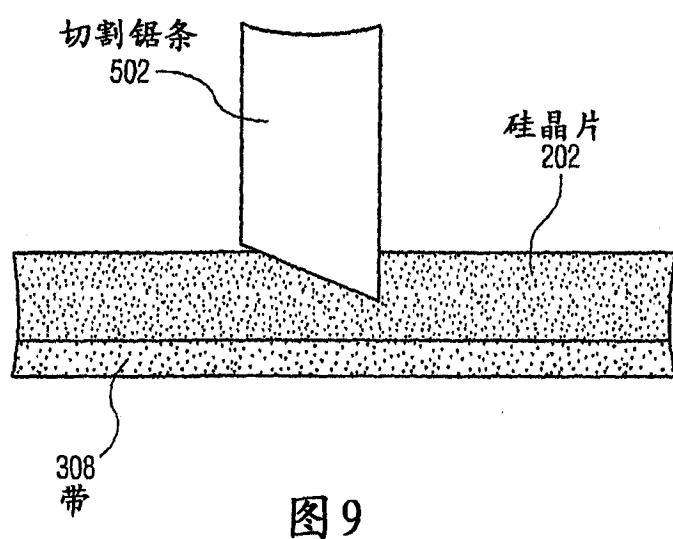


图 8B

图8C





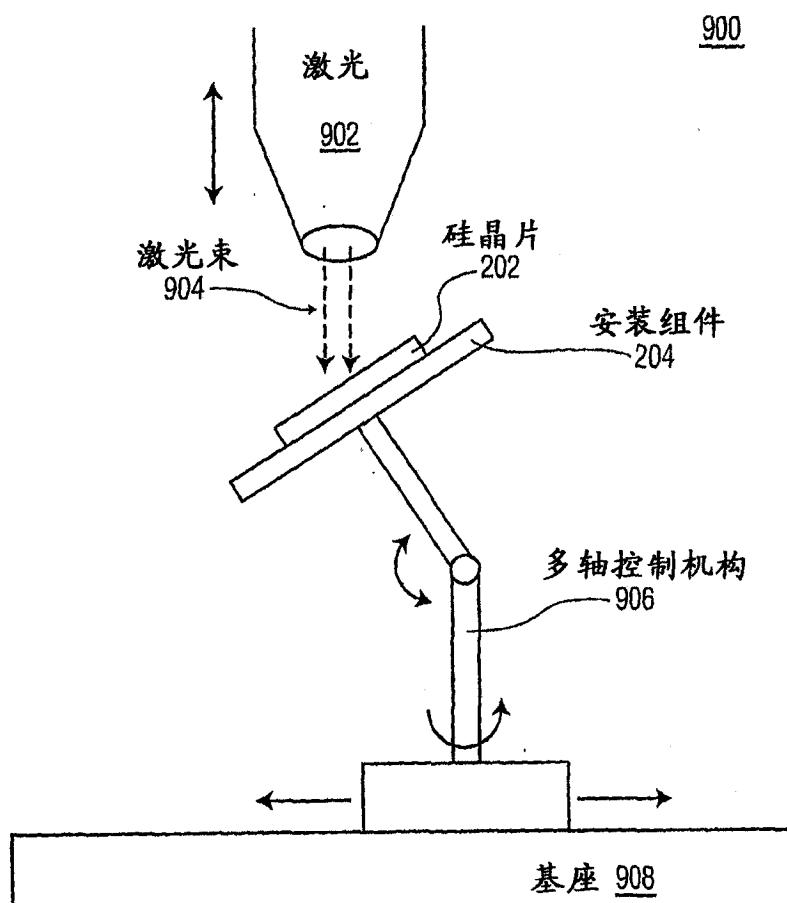


图 11

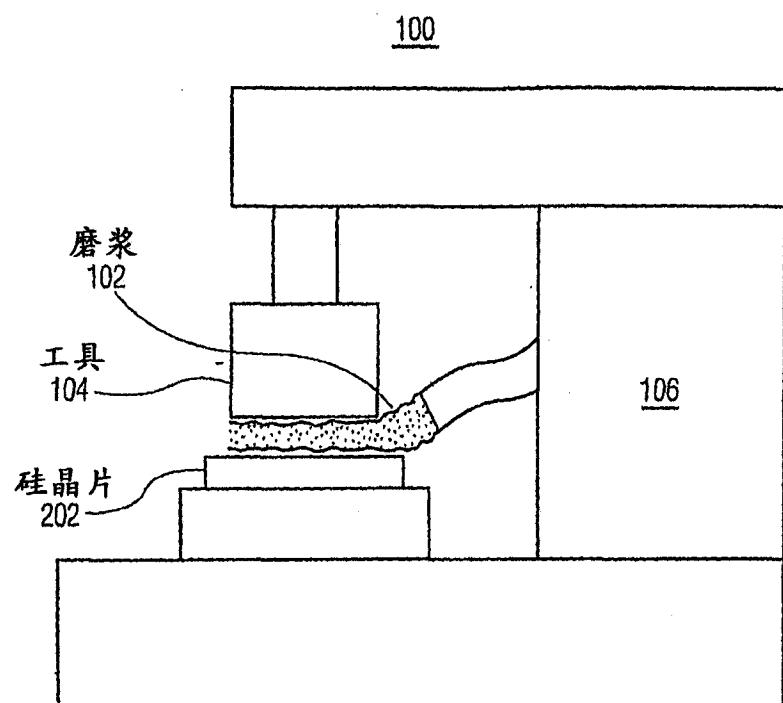


图 12

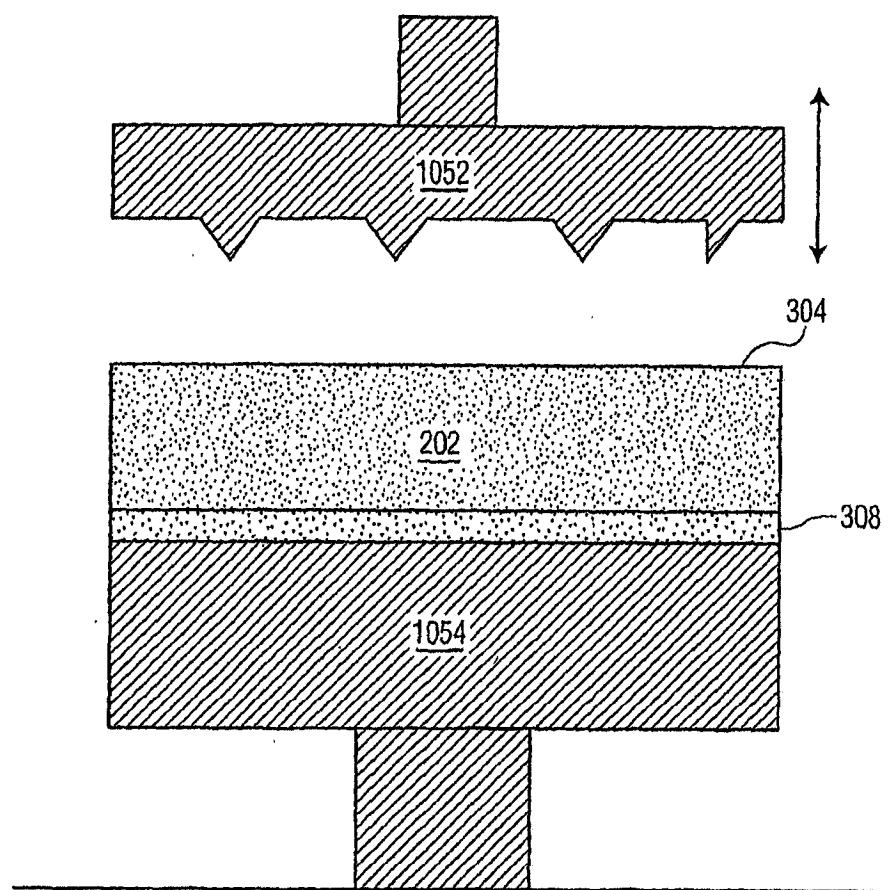


图 13

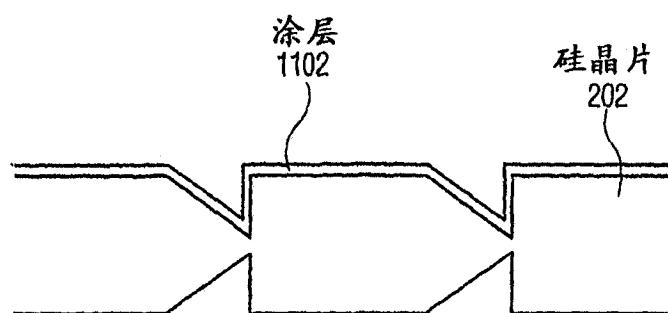


图 14

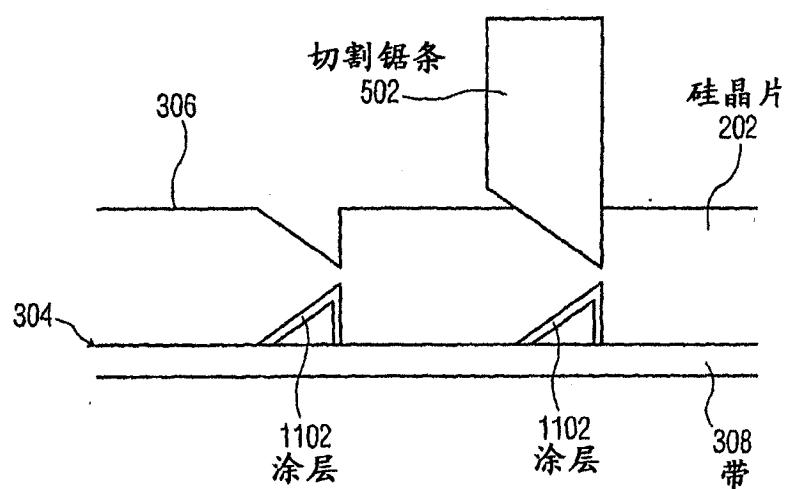


图 15

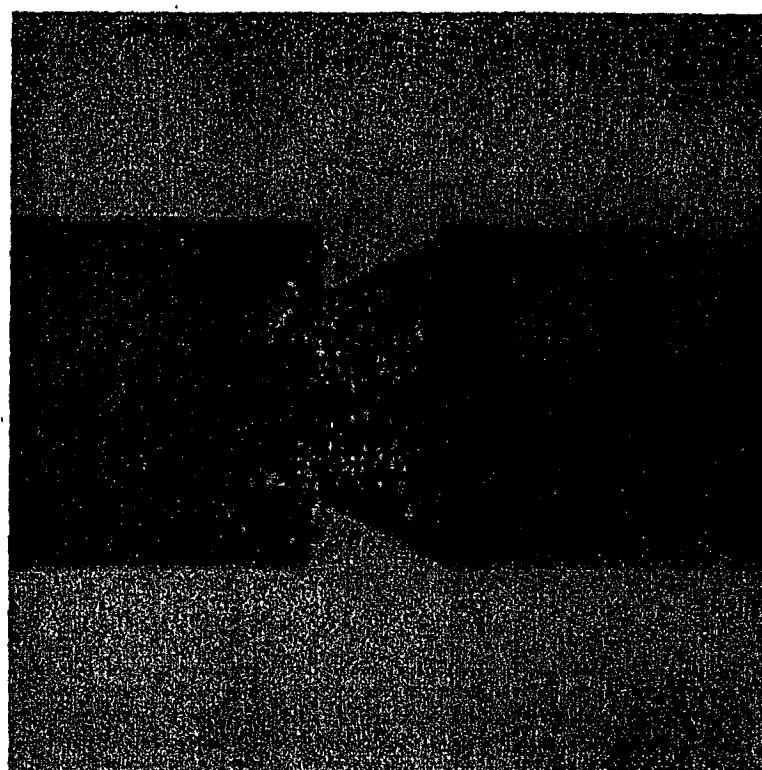


图 16

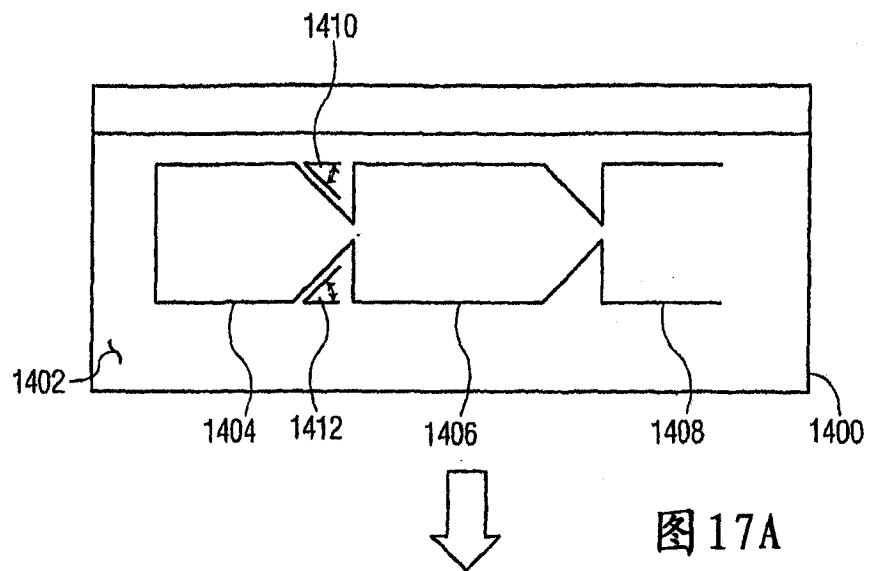


图 17A

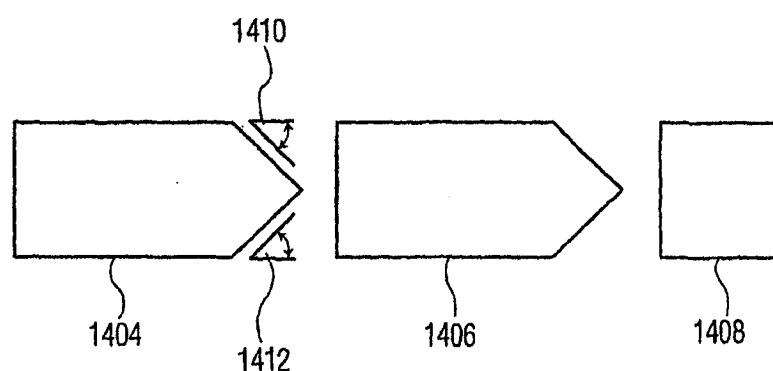


图 17B

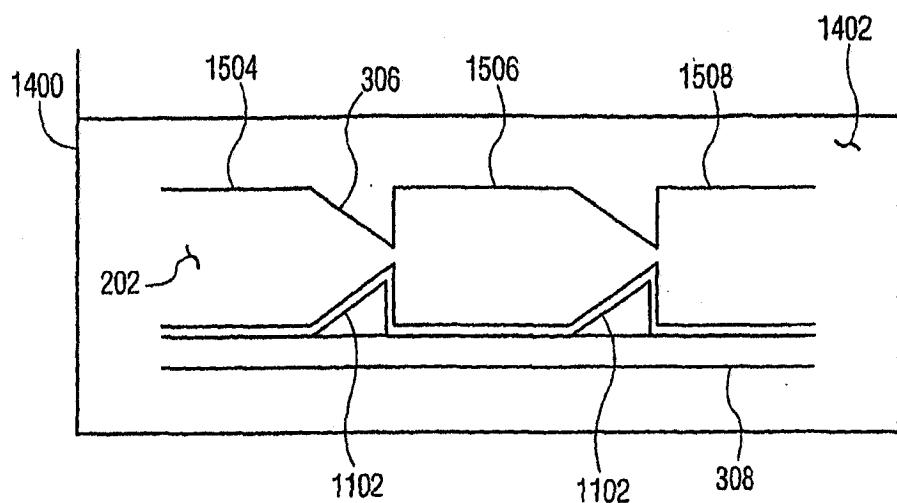


图 18A

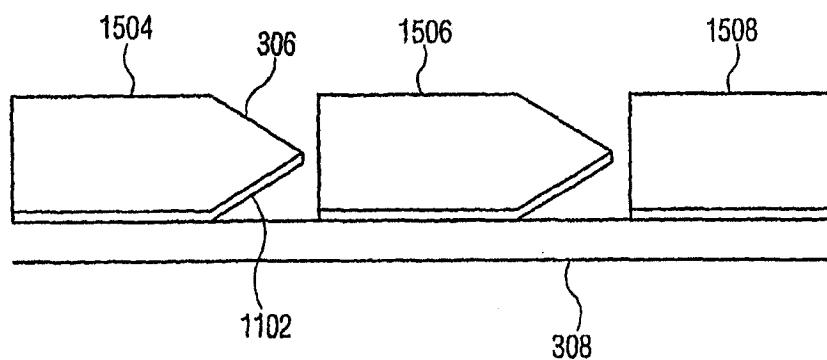


图 18B

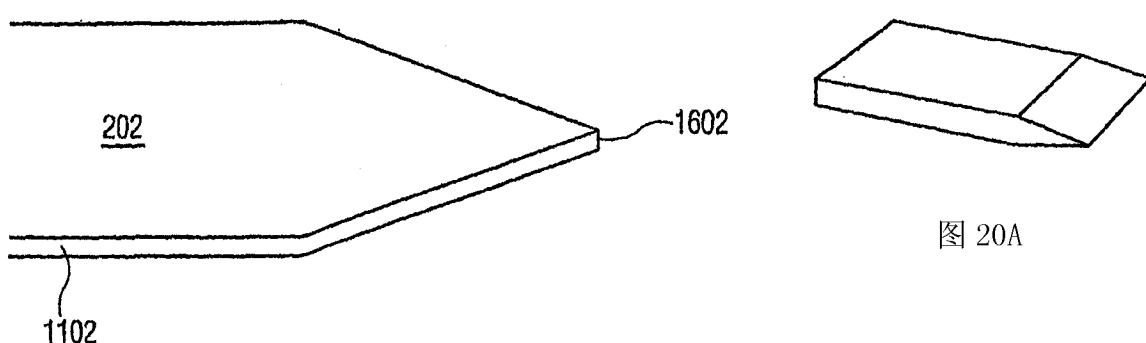


图 19

图 20A

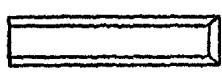


图 20B

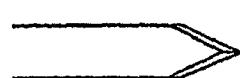


图 20C

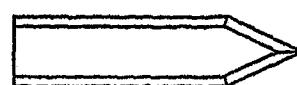


图 20D

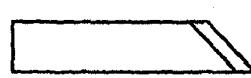


图 20E

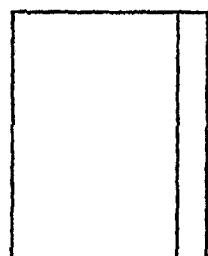


图 20F

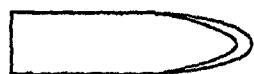


图 20G

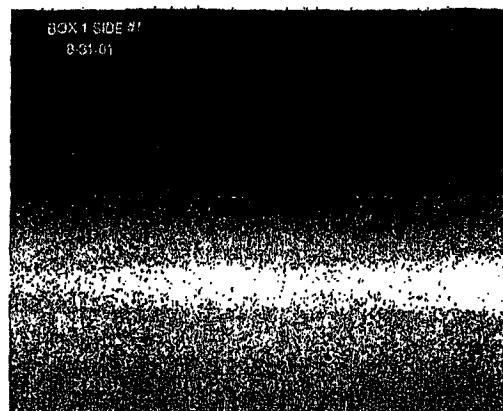


图 21A



图 21B

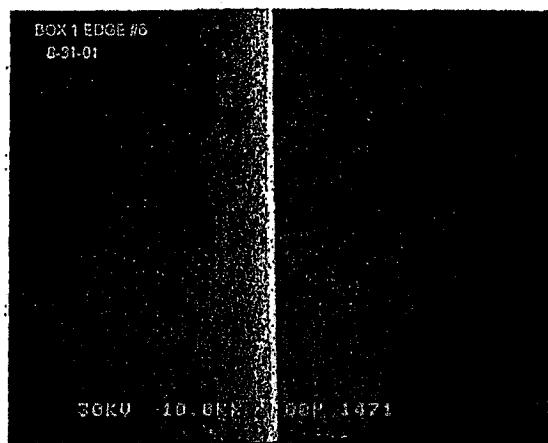


图 22A

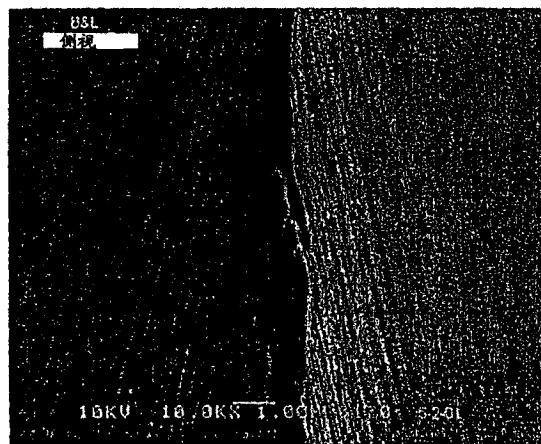


图 22B

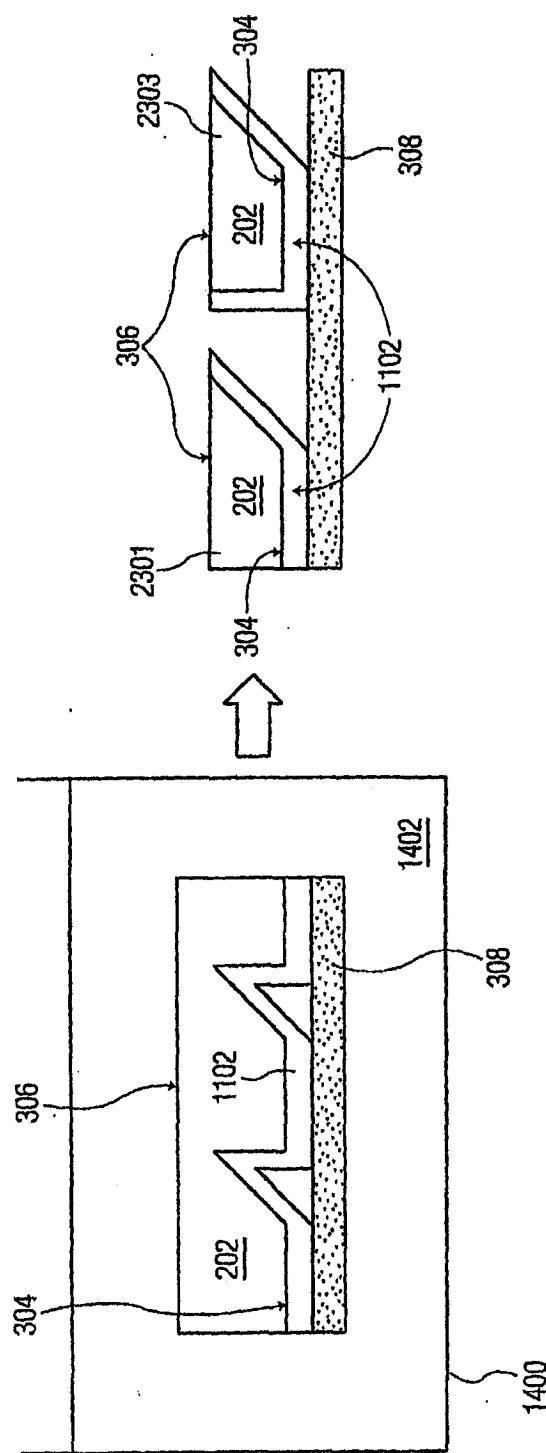


图 23B

图 23A

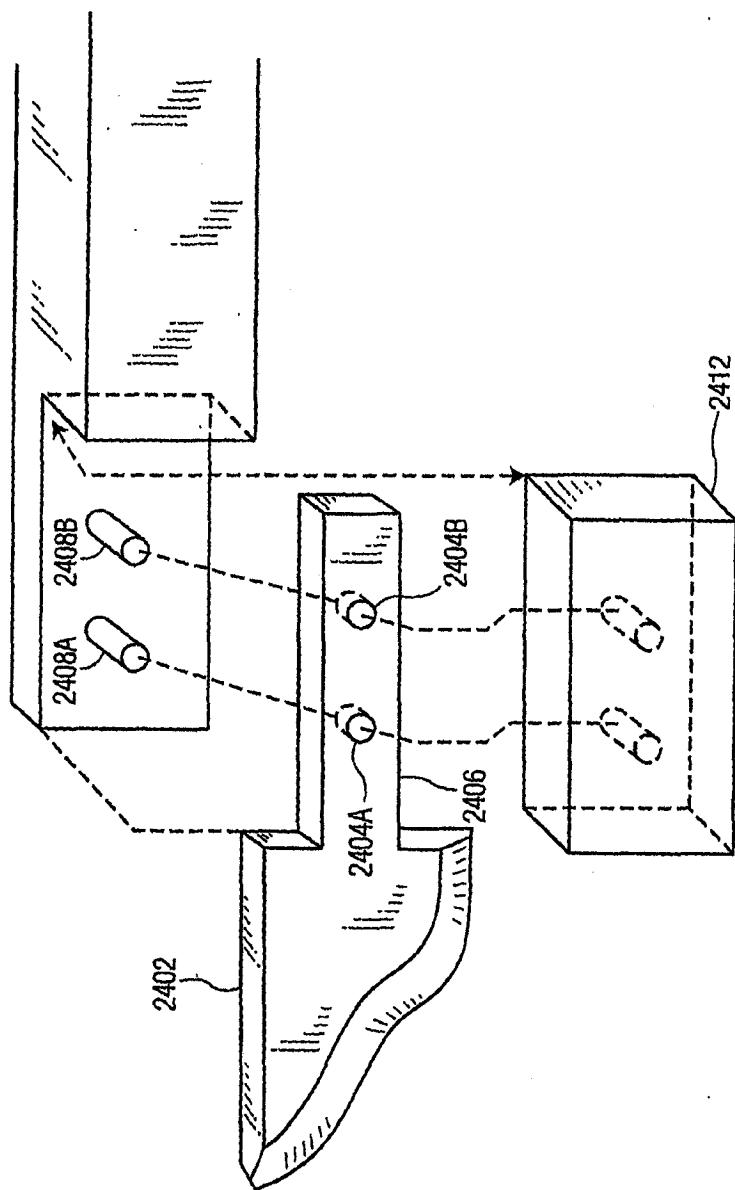


图 24

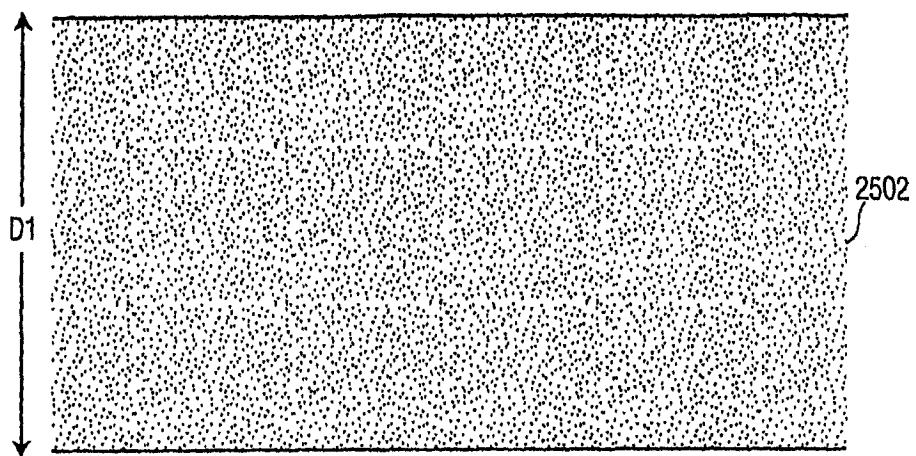


图 25A

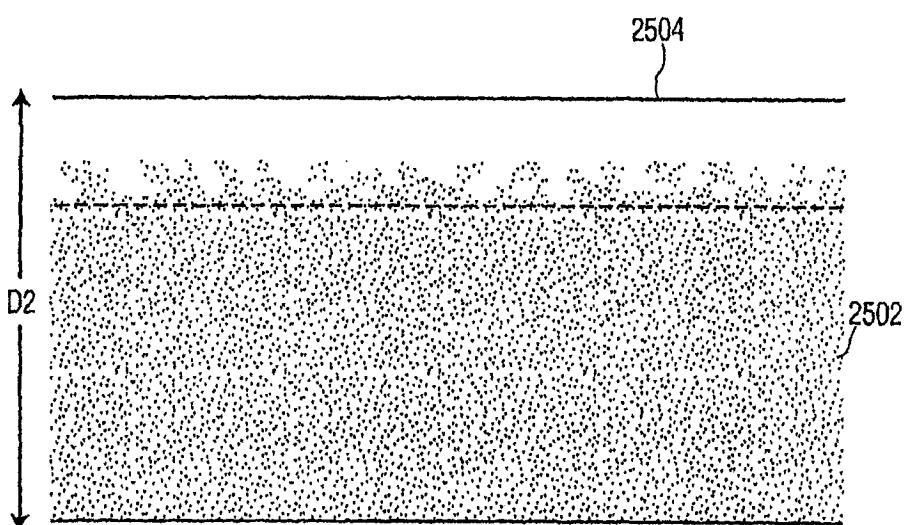


图 25B

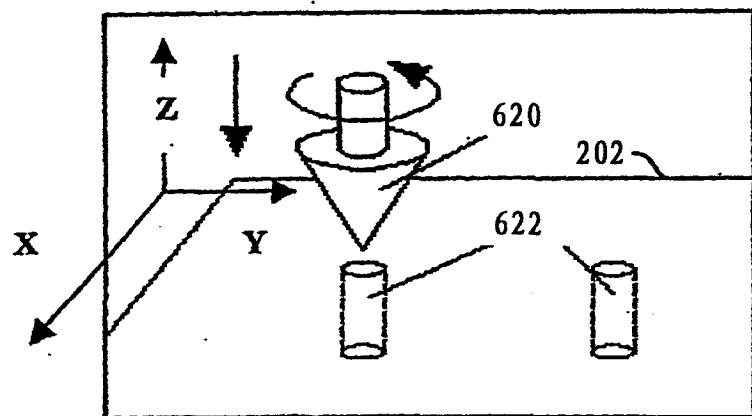


图 26

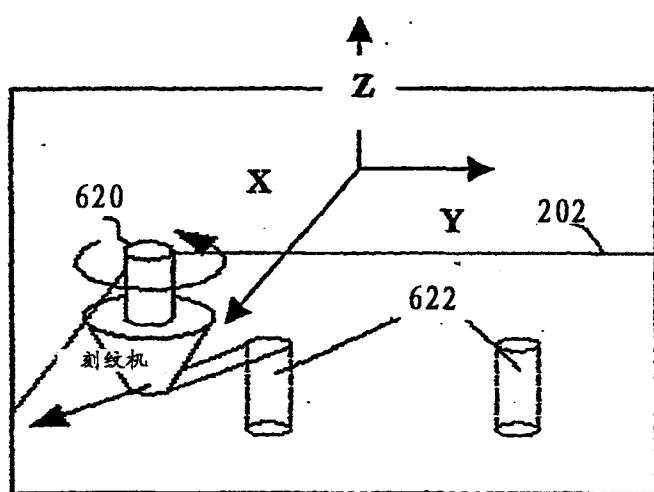


图 27

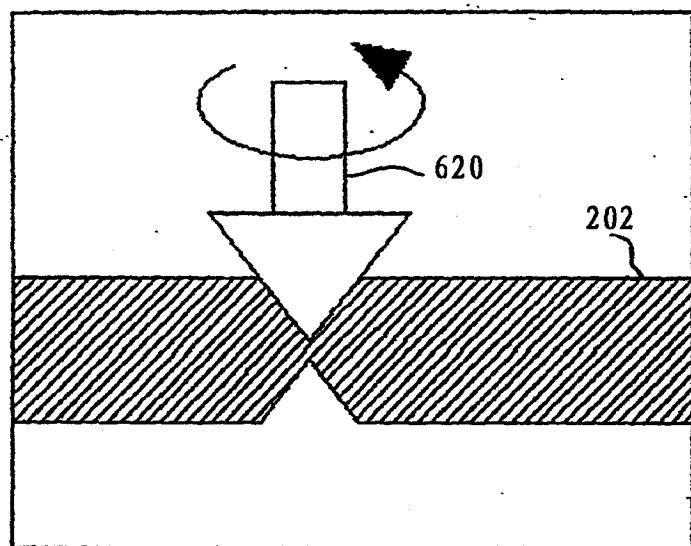


图 28

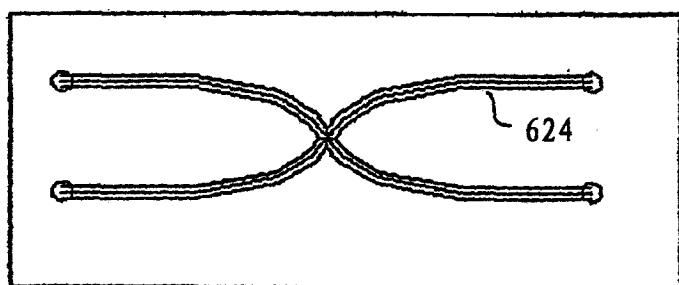


图 29

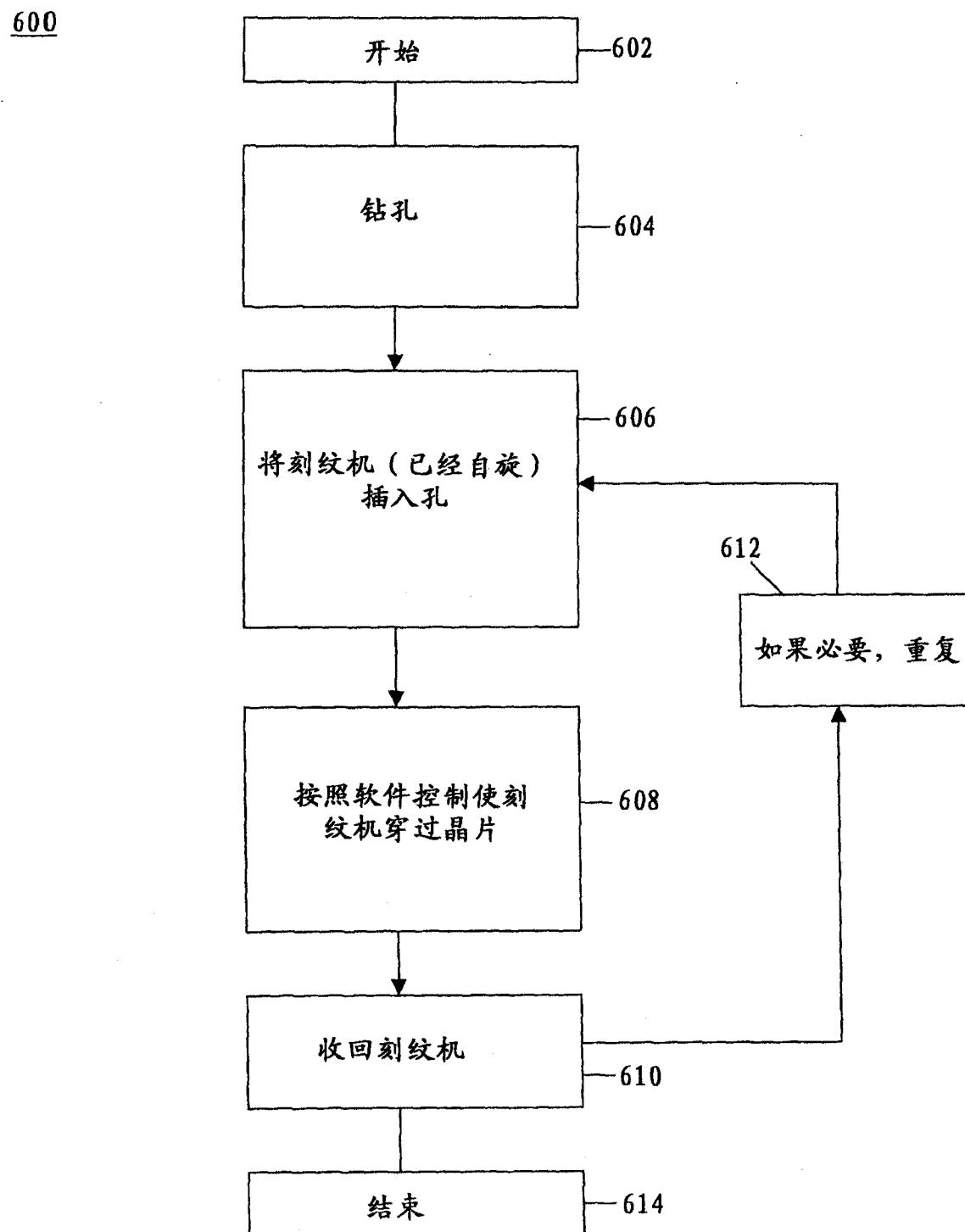


图 30

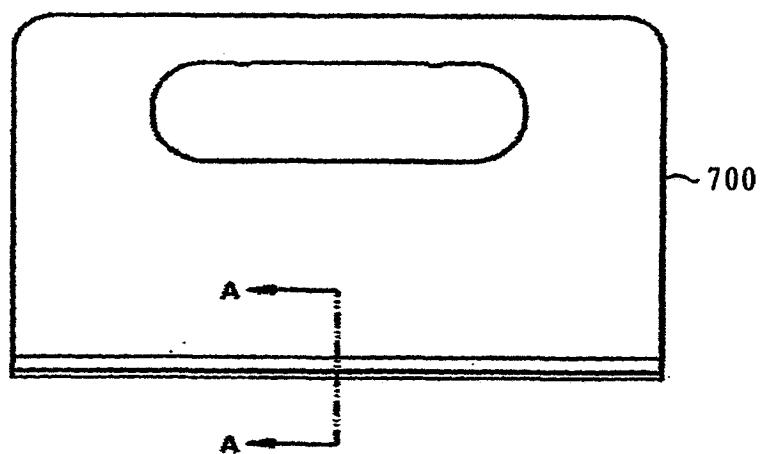


图 31A

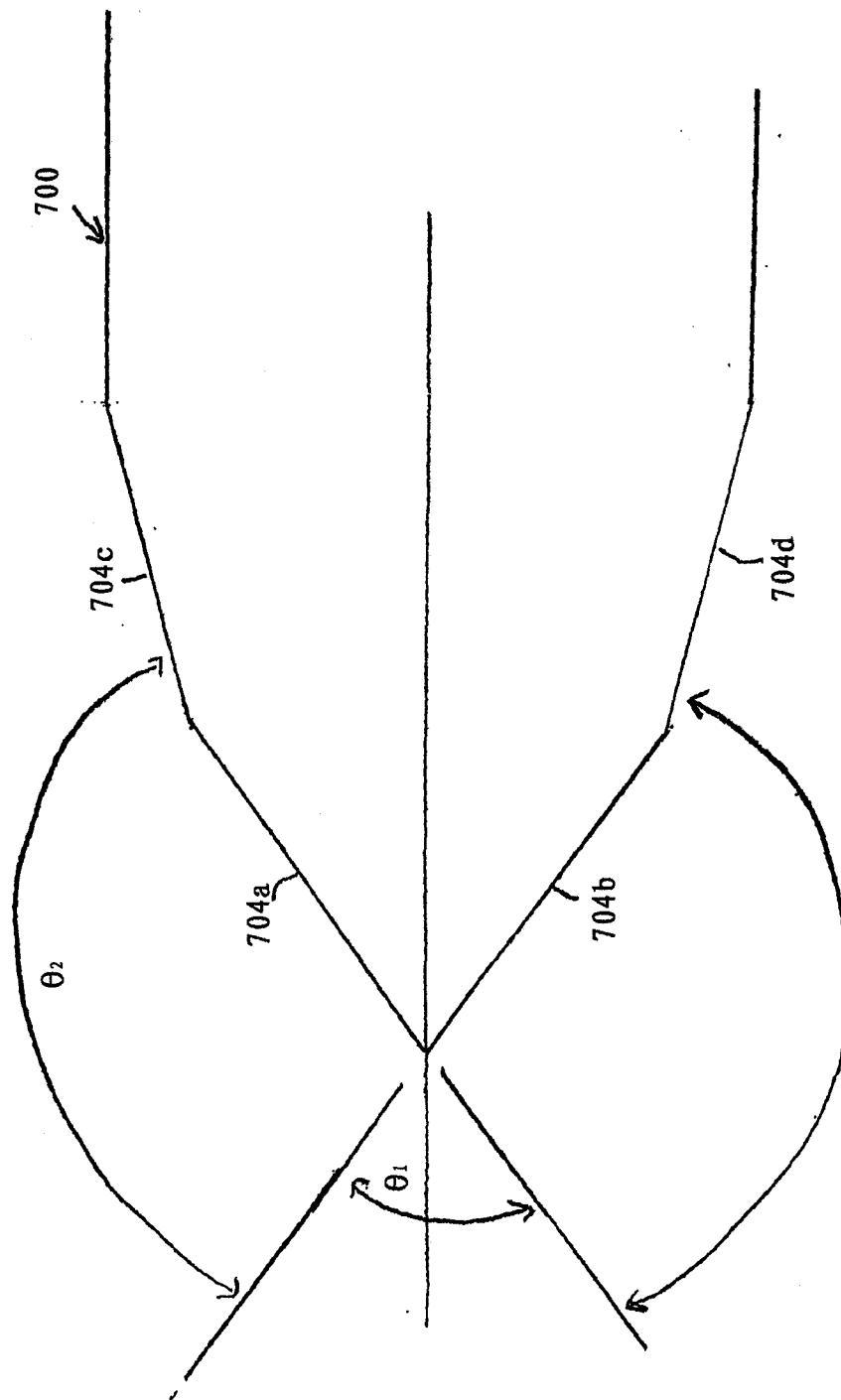


图 31B
截面 A-A

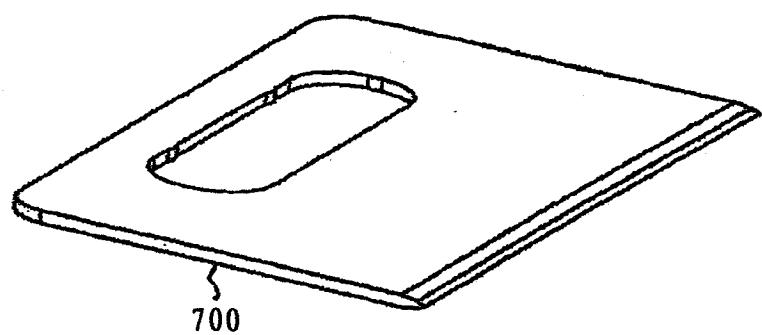
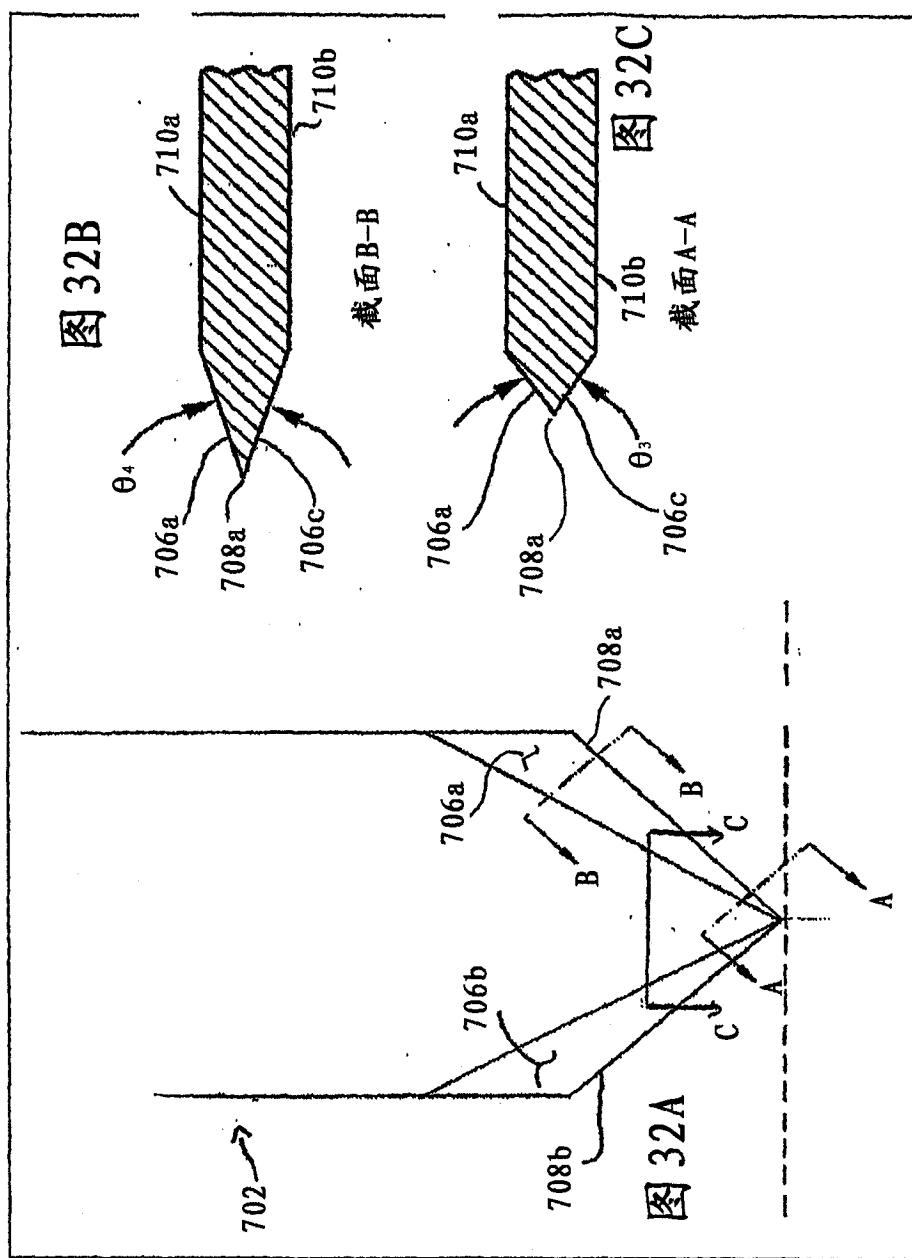


图 31C



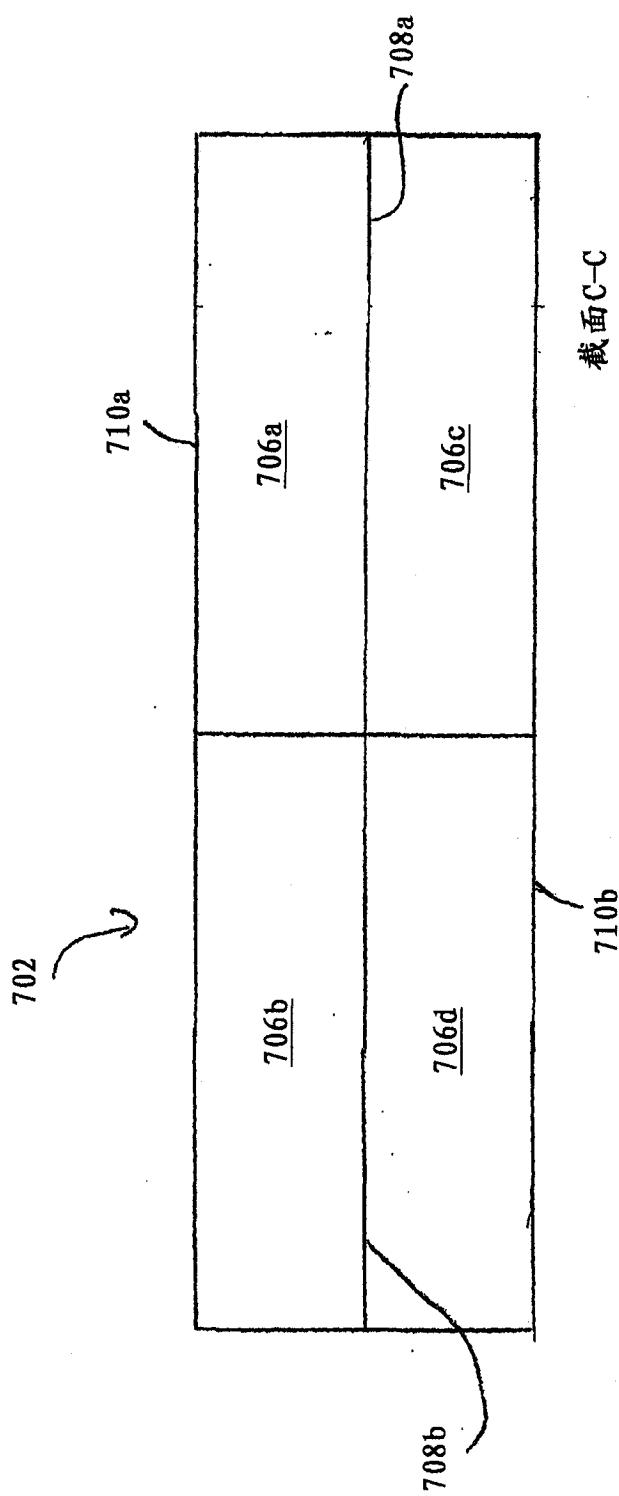


图 32D

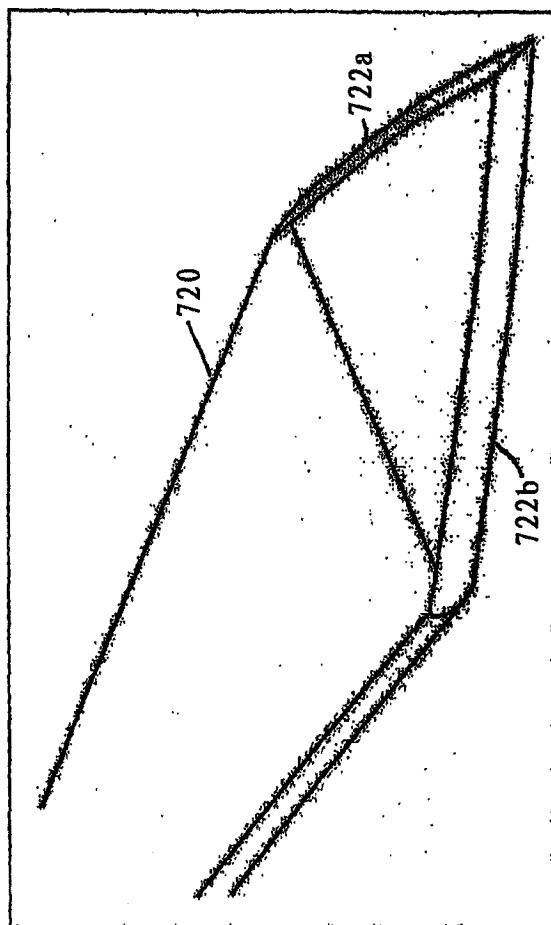


图 33A

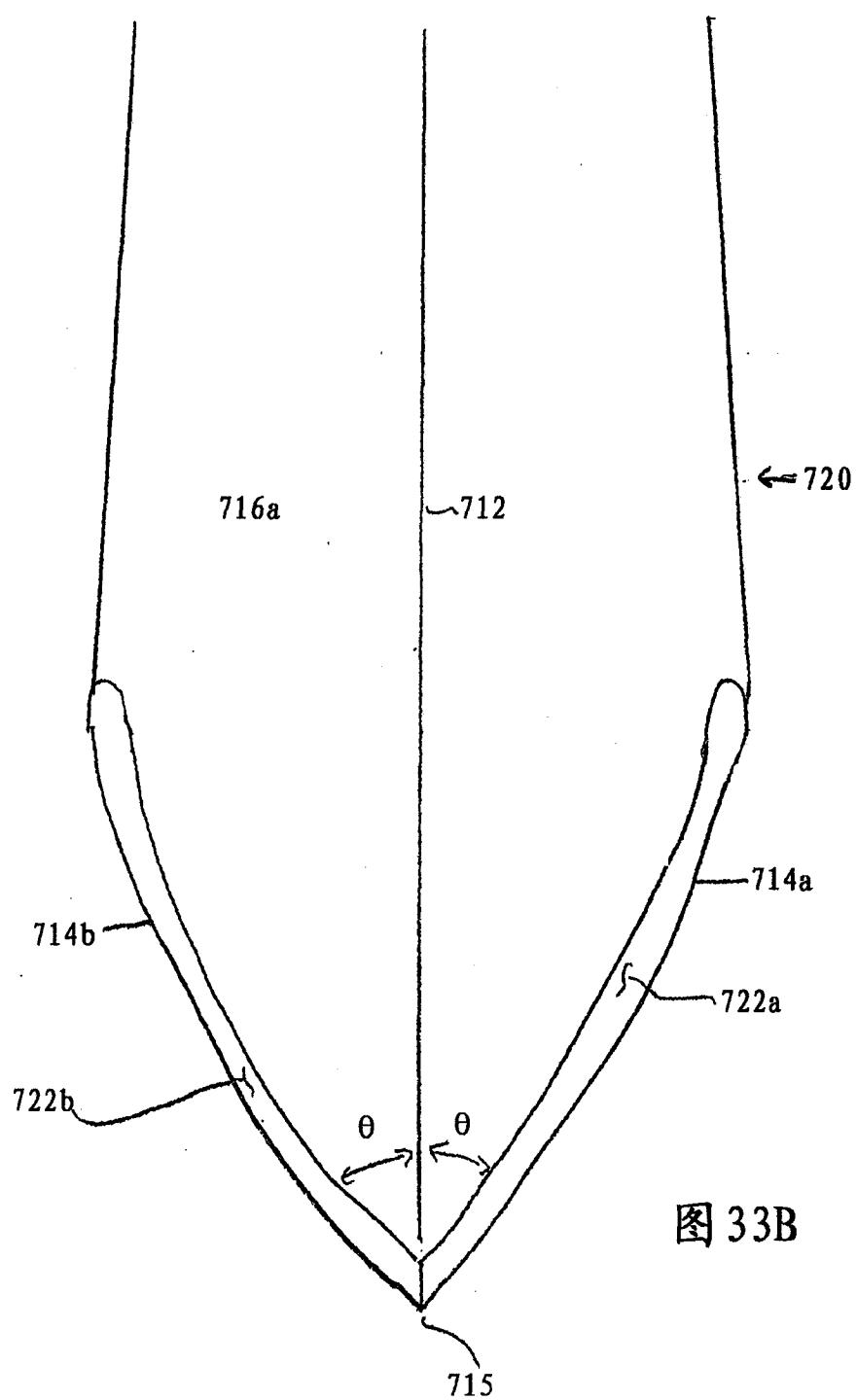


图 33B

图 33C

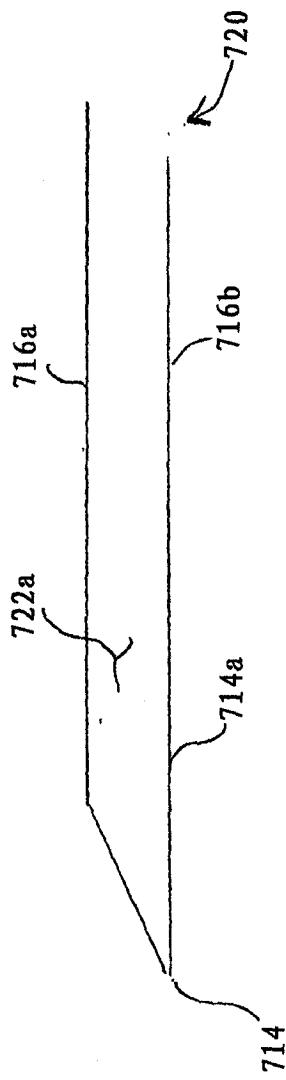
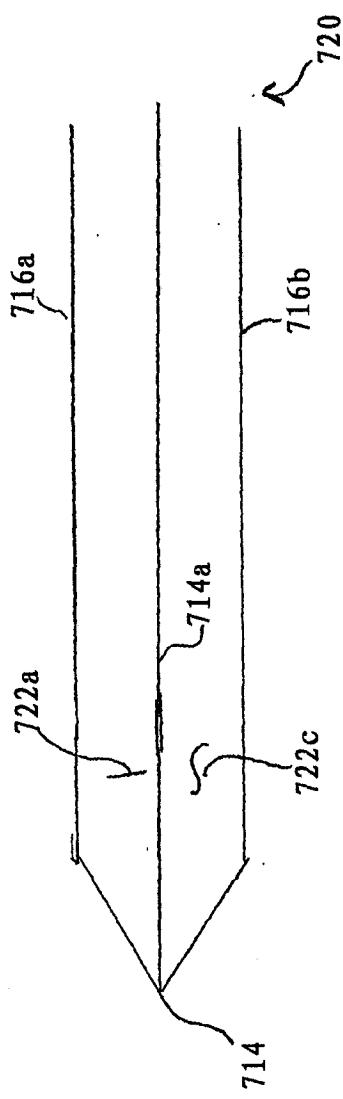


图 33D



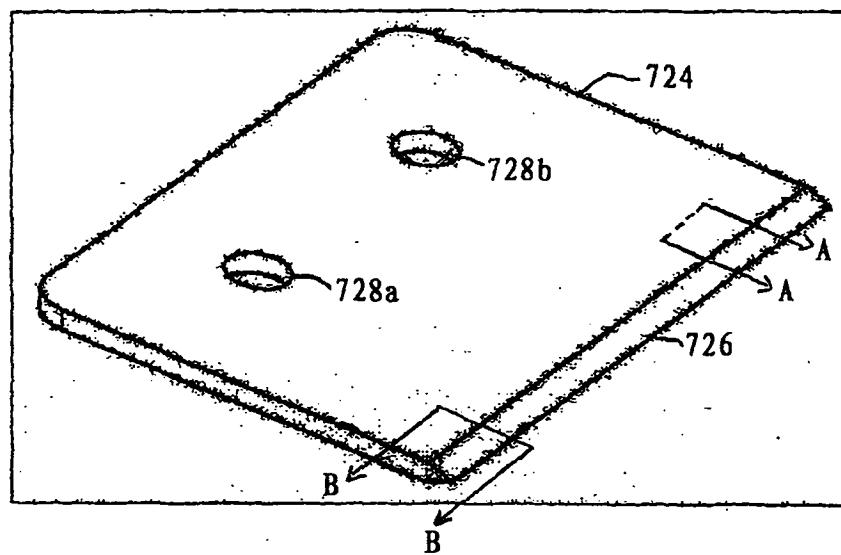


图 34A

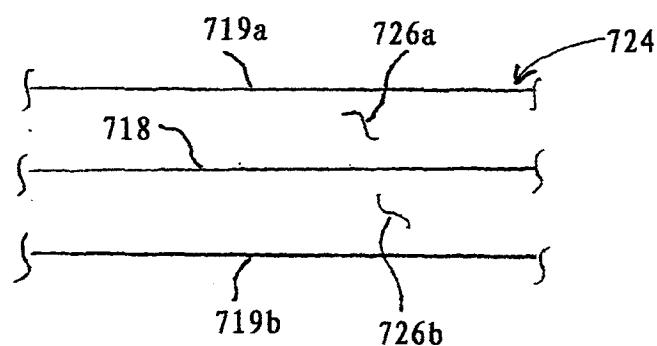
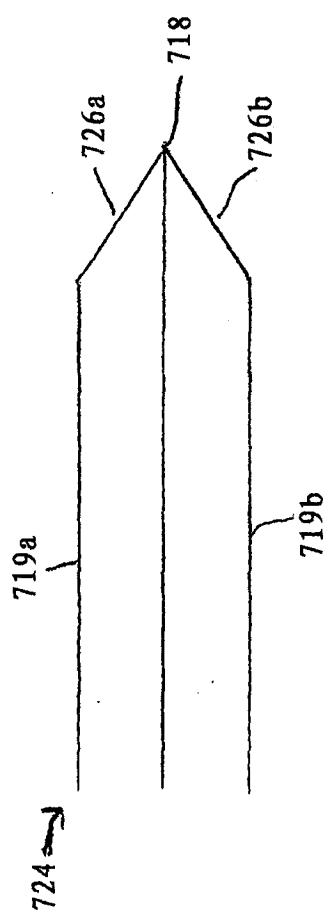
图 34B
截面 A-A

图 34C
截面 B-B



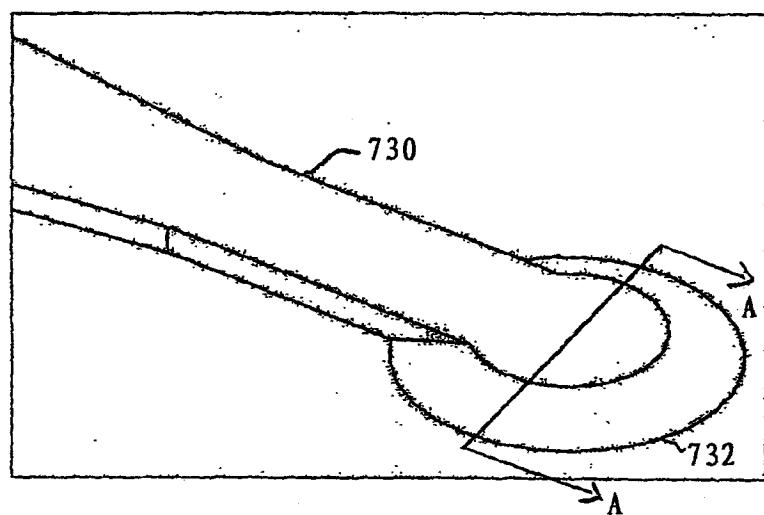


图 35A

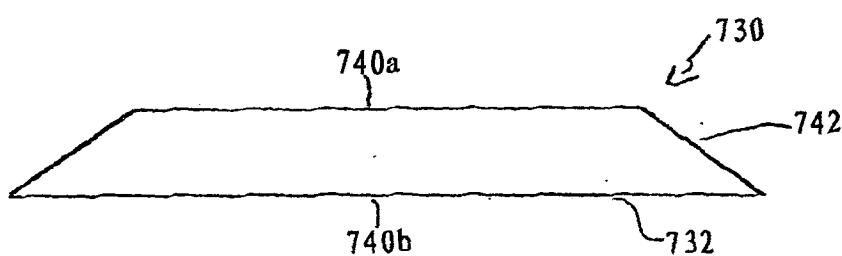
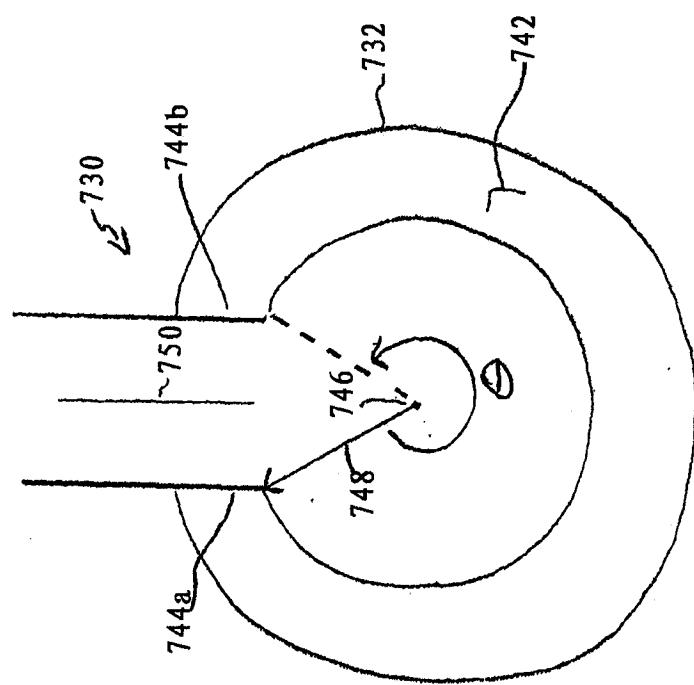


图 35B

截面 A-A

图 35C



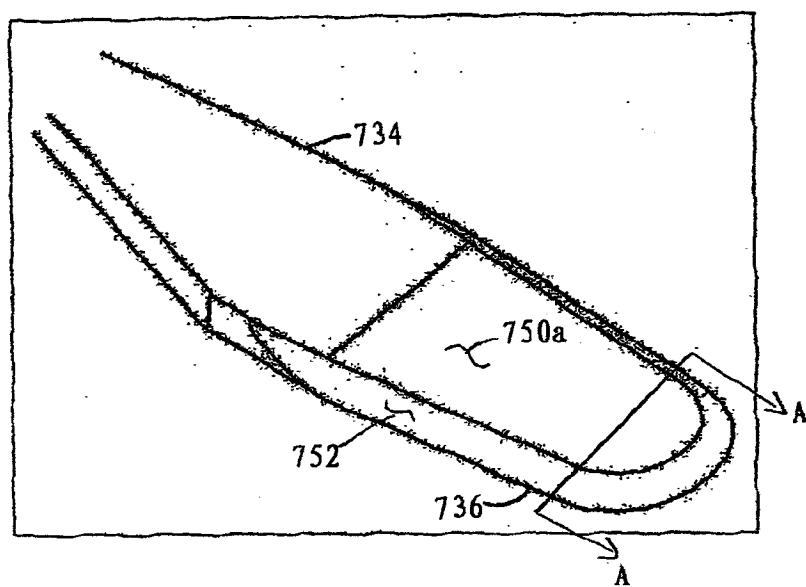


图 36A

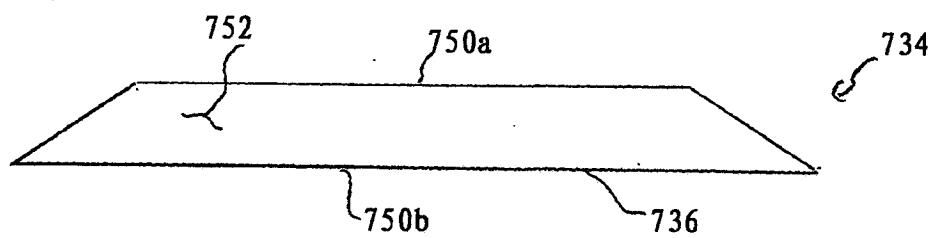


图 36B

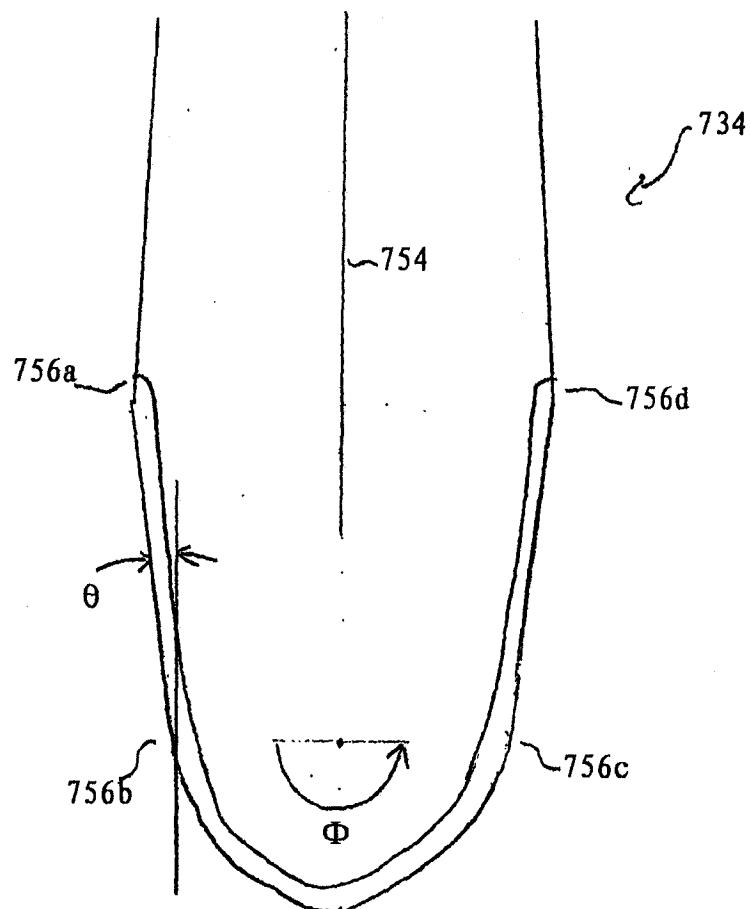


图 36C

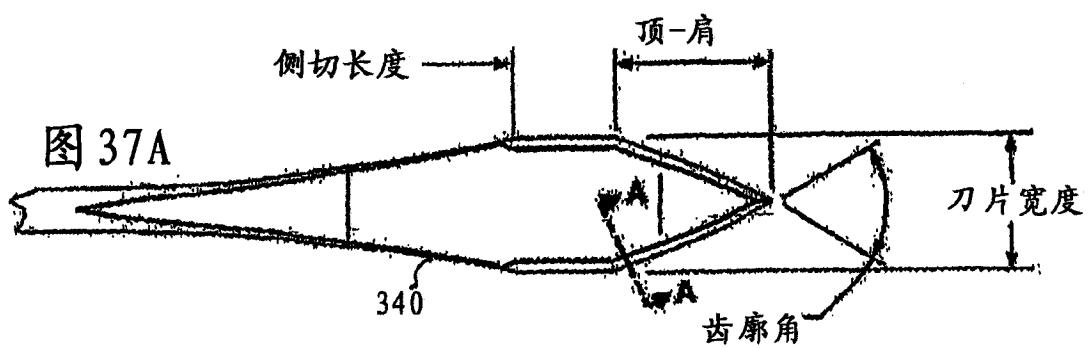


图 37A

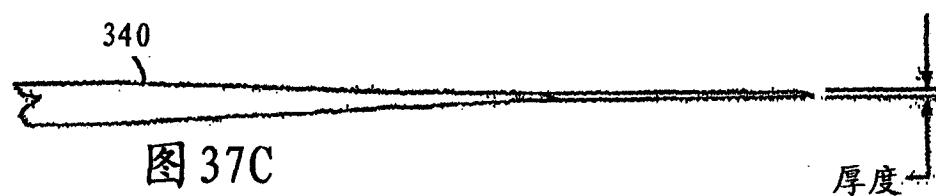


图 38A

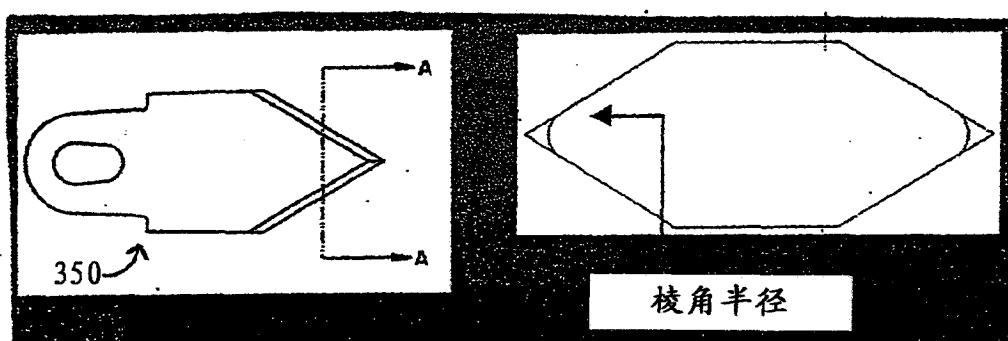
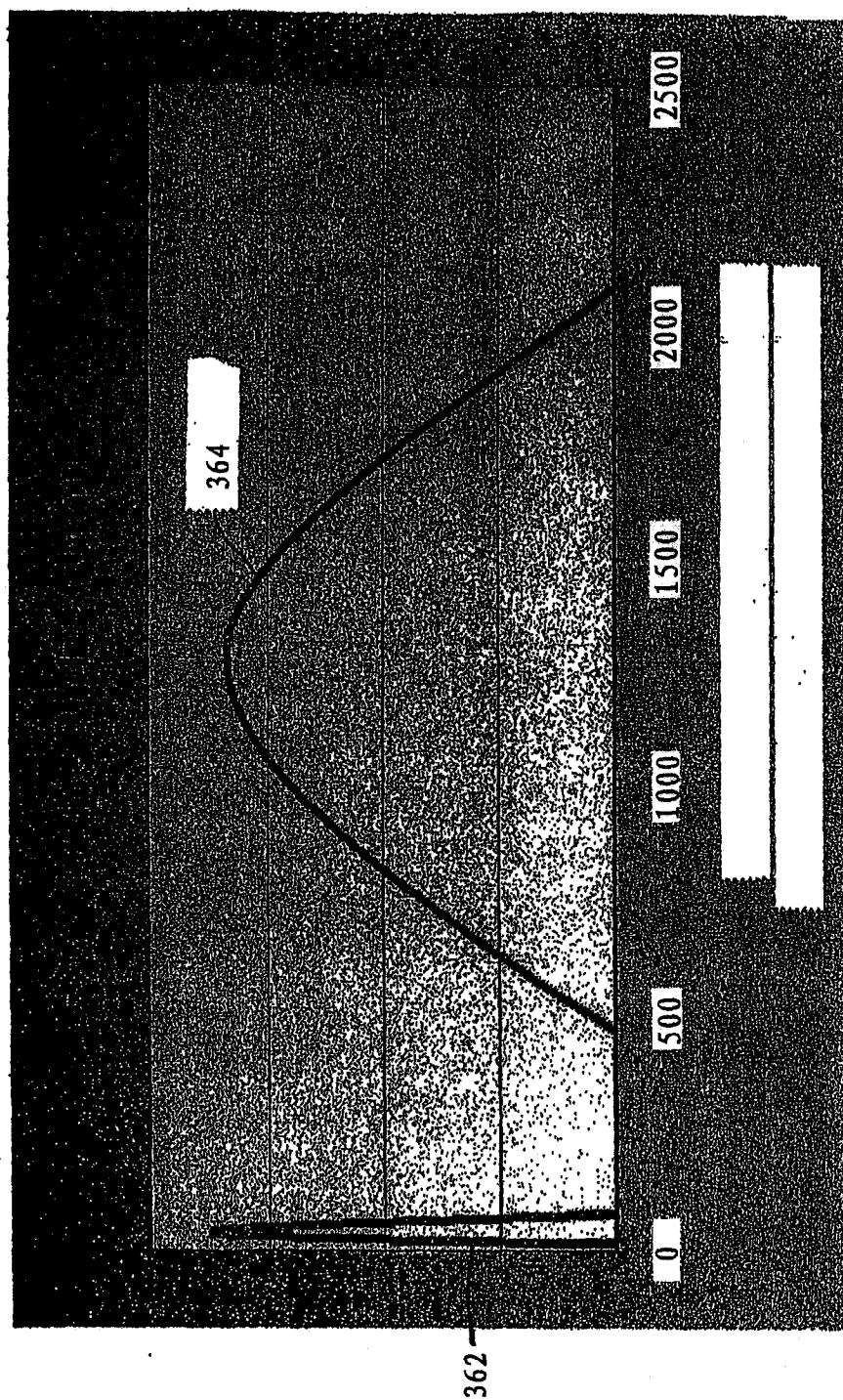


图 38B

图 39



专利名称(译)	手术和非手术应用的硅刀片		
公开(公告)号	CN1863940B	公开(公告)日	2010-08-18
申请号	CN200480029311.5	申请日	2004-09-17
[标]申请(专利权)人(译)	贝克顿·迪金森公司		
申请(专利权)人(译)	贝克顿·迪金森公司		
当前申请(专利权)人(译)	贝克顿·迪金森公司		
[标]发明人	VM达斯卡尔 JF基南 JJ休斯 AN基斯 SM查维斯		
发明人	V·M·达斯卡尔 J·F·基南 J·J·休斯 A·N·基斯 S·M·查维斯		
IPC分类号	C23F1/00 A61B A61B17/00 A61B17/32		
CPC分类号	A61B2017/0088 B81C99/0095 A61F9/0133 A61B2017/00526 A61B17/3211		
代理人(译)	李华英		
审查员(译)	张晓冬		
优先权	60/503459 2003-09-17 US		
其他公开文献	CN1863940A		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

眼科手术刀片(734)是用优选为晶片形式的结晶或多晶材料制造的。该方法包括通过安装晶片并在晶片内加工沟槽，来准备结晶或多晶晶片。形成斜面刀片表面(752)的沟槽的加工方法包括金刚石条锯、激光系统、超声器、热锻压和刻纹机。然后将晶片置于蚀刻剂溶液中，该溶液以均匀的方式各向同性地蚀刻晶片，从而使多层结晶或多晶材料被均匀地除去，因此产生单、双或多斜面刀片(734)。显然，任何斜角都能够加工到晶片内，并在蚀刻之后保留。刀峰的最终半径为5-500nm，即口径与金刚石刀峰的刀片相同，但制造成本却是其一小部分。这种眼科手术刀片可用于白内障和屈光手术，以及显微手术、生物和非医学、非生物目的。

