

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G05B 19/4093

H05K 3/00 B23B 47/34

B23Q 11/00 G05B 19/416



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01823010.5

[43] 公开日 2004 年 5 月 26 日

[11] 公开号 CN 1500234A

[22] 申请日 2001. 12. 27 [21] 申请号 01823010.5

[30] 优先权

[32] 2001. 1. 9 [33] US [31] 60/260,508

[86] 国际申请 PCT/US2001/049627 2001. 12. 27

[87] 国际公布 WO02/056123 英 2002. 7. 18

[85] 进入国家阶段日期 2003. 9. 9

[71] 申请人 埃克塞伦自动化公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 K·W·韦伯 W·K·王 C·杨

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

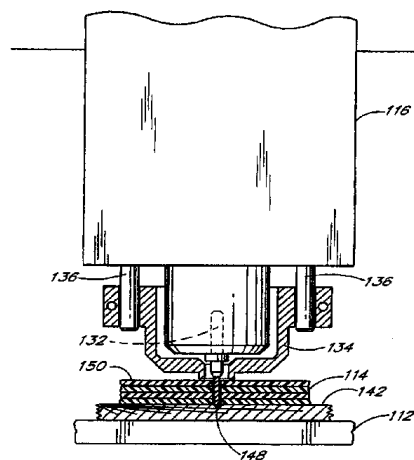
代理人 肖春京

权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图 18 页

[54] 发明名称 增量步进钻孔系统和方法

[57] 摘要

一种用于在工件中, 如在印刷电路板中, 钻孔的方法, 包括在工件中钻进到某一点和使所述钻头退回一缩回距离。所述缩回距离被配置成使所述钻头的尖端停留在所述工件的上表面之下。该方法还包括钻进到所述工件中一大于所述缩回距离的距离。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于制造印刷电路板钻孔机的方法，该钻孔机具有工作台、轴、钻头和控制器，控制器被配置成用于控制钻孔机的操作，该方法包括如下步骤：

5 将钻孔机配置成钻孔到工件中某一点；

 将钻孔机配置成使所述钻头退回一缩回距离，缩回距离长度被配置成使所述钻头的尖端停留在所述工件的上表面之下，

 将钻孔机配置成使其钻进所述工件的距离大于所述缩回距离。

2. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将所述钻孔机配置成使所述钻
10 头退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度。

3. 如权利要求 2 所述的方法，还包括将所述钻孔机配置成在到达最终深度之后从所述工件完全退出所述钻头。

4. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将所述控制器配置成从操作者
15 接收所述缩回距离。

5. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将所述控制器配置成由一组经操作者输入到所述控制器中的操作数据计算出所述缩回距离。

6. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将所述控制器配置成从操作者接收表示叠层高度和增量数目的数据，以及将控制器配置成由所述叠层
20 高度和所述增量数目计算出缩回高度。

7. 如权利要求 1 所述的高度，还包括将所述控制器配置成从操作者接收表示孔深和增量数目的数据，以及将控制器配置成由所述孔深和所述增量数目计算出缩回高度。

8. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将所述钻孔机配置成在所述
25 工件中钻进第 1 深度以及从所述工件完全退出所述钻头。

9. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成使所述钻头退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，和将钻孔机配置成使所述缩回距离是相同的。

10. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成使所述钻头
30 退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，和将钻孔机配置成使所述缩回距离是不相同的。

11. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成使所述钻头

退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，和将钻孔机配置成使大于所述缩回距离的所述距离是相同的。

12. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成使所述钻头退回一缩回距离以及钻进一大于所述的缩回距离的距离，直到到达最终深度，和钻孔机配置成使大于所述缩回距离的所述距离是不相同的。

13. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成使所述钻头退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，和将钻孔机配置成使所述缩回距离是相同的且大于所述缩回距离的所述距离是相同的。

14. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成在钻进一大于所述缩回距离的距离的同时，当钻头通过减速点时用于将钻头的轴向速度从第 1 轴向速度减小到第 2 轴向速度。

15. 如权利要求 14 所述的方法，还包括将钻孔机配置成从操作者接收所述减速点和第 1 轴向速度。

16. 如权利要求 1 所述的方法，还包括将钻孔机配置成，在退回所述钻头的同时，当钻头通过减速点时用于将钻头的轴向速度从第 1 轴向速度减小到第 2 轴向速度。

17. 如权利要求 16 所述的方法，还包括将钻孔机配置成从操作者接收减速点和第 1 轴向速度。

18. 一种印刷电路板钻孔机，具有工作台、轴、钻头和控制器，控制器被配置成指令钻孔机钻孔到工件中某一点、使所述钻头退回一缩回距离，所述缩回距离被配置成使所述钻头的尖端停留在所述工件的上表面之下和钻进到所述工件中一个大于所述缩回距离的距离。

19. 如权利要求 18 所述的钻孔机，其特征在于所述控制器被进一步配置成使所述钻头退回一缩回距离以及钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度。

20. 权利要求 19 所述的钻孔机，其特征在于所述控制器被进一步配置成，在到达所述最终深度之后将所述钻头完全退出所述工件。

21. 如权利要求 18 所述的钻孔机，其特征在于所述控制器被进一步配置成，从操作者接收所述缩回距离。

22. 如权利要求 18 所述的钻孔机，其特征在于所述控制器被进一步配置成，由经操作者输入到所述控制器中的一组操作数据计算出所述缩

回距离。

23. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 从操作者接收表示叠层高度和增量数目的数据以及由所述叠层高度和所述增量数目计算出缩回高度。

5 24. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 从操作者接收表示孔深和增量数目的数据以及由所述孔深和所述增量数目计算出缩回高度。

25. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 在所述工件中钻进到第 1 深度和将所述钻头从所述工件中完全退出。
10

26. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离, 直到到达最终深度, 而所述缩回距离是相同的。

27. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离, 直到到达最终深度, 而所述缩回距离是不相同的。
15

28. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离, 直到到达最终深度, 而大于所述缩回距离的所述距离是相同的。

20 29. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离, 直到到达最终深度, 而大于所述缩回距离的所述距离是不相同的。

30. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步构造造成, 使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离, 直到到达最终深度, 所述缩回距离是相同的且大于所述缩回距离的所述距离是相同的。
25

31. 如权利要求 18 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 在钻进一大于所述缩回距离的距离的同时, 当钻头通过一减速点时将钻头的轴向速度从第 1 轴向速度减小到第 2 轴向速度。

30 32. 如权利要求 31 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步配置成, 从操作者接收所述减速点和第 1 轴向速度。

33. 如权利要求 32 所述的钻孔机, 其特征在于所述控制器被进一步

配置成,在将所述钻头退回的同时,当钻头通过一减速点时从第1轴向速度减小到第2轴向速度。

34.如权利要求33所述的钻孔机,其特征在于所述控制器被进一步配置成,从操作者接收所述减速点和第1轴向速度。

- 5 35.一种操作印刷电路板钻孔机的方法,该钻孔机有工作台、轴、钻头和被配置成控制钻孔机操作的控制器,该方法包括如下步骤:

 钻进到工件中某一点;

 将所述钻头退回一缩回距离,所述缩回距离被配置成使所述钻头的尖端停留在所述工件的上表面之下,

- 10 在所述工件中钻进一大于所述缩回的距离的距离。

 36.如权利要求35所述的方法,还包括重复将所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离,直到到达最终深度。

 37.如权利要求36所述的方法,还包括在到达所述最终深度之后将所述钻头从所述工件中完全退出。

- 15 38.如权利要求35所述的方法,还包括从操作者接收所述缩回距离。

 39.如权利要求35所述的方法,还包括由经操作者输入到所述控制器中的一组操作数据计算出所述缩回距离。

- 20 40.如权利要求35所述的方法,还包括从操作者接收表示叠层高度和增量数目的数据以及由所述叠层高度和所述增量数目计算出缩回高度。

 41.如权利要求35所述的方法,还包括从操作者接收表示孔深和增量数目的数据以及由所述孔深和所述增量数目计算出缩回高度。

- 25 42.如权利要求35所述的方法,还包括在所述工件中钻进到第1深度和将所述钻头从所述工件中完全退出。

 43.如权利要求35所述的方法,还包括使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离直到到达最终深度,其特征在于所述缩回距离是相同的。

- 30 44.如权利要求35所述的方法,还包括使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离,直到到达最终深度,其中所述缩回距离是不相同的。

 45.如权利要求35所述的方法,还包括使所述钻头退回一缩回距离

和钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，其中大于所述缩回距离的所述距离是相同的。

46. 如权利要求 35 所述的方法，还包括使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，其中大于所述
5 缩回距离的所述距离是不相同的。

47. 如权利要求 35 所述的方法，还包括使所述钻头退回一缩回距离和钻进一大于所述缩回距离的距离，直到到达最终深度，其中所述缩回距离是相同的且大于所述缩回距离的所述距离是相同的。

48. 如权利要求 35 所述的方法，还包括在钻进一大于所述缩回距离
10 的距离的同时，当钻头通过减速点时将钻头的轴向速度从第 1 轴向速度减小到第 2 轴向速度。

49. 如权利要求 48 所述的方法，还包括从操作者接收所述减速点和第 1 轴向速度。

50. 如权利要求 35 所述的方法，还包括在将所述钻头退回的同时，
15 当钻头通过减速点时将钻头的轴向速度从第 1 轴向速度减小到第 2 轴向速度。

51. 如权利要求 50 所述的方法，还包括从操作者接收所述减速点和第 1 轴向速度。

增量步进钻孔系统和方法

技术领域

- 5 本发明总体涉及印刷电路板钻孔机的领域，特别是涉及一种改进的增量钻孔的方法。

相关技术的讨论和发明内容

- 在印刷电路板的制造中，在每块印刷电路板上常常必须要钻几千个小孔。在电路板的大量生产中，由计算机控制的自动钻孔机完成钻孔，
10 在该钻孔机中印刷电路板通常安装在工作台上，该工作台在水平的 X-Y 平面中是可移动的。

常常使用小直径的钻头机械地钻印刷电路板的孔。通常，工作台水平移动以便这样定位，使其中安装钻头的轴可以在合适的钻孔位置钻孔。使每个钻孔轴向下前进通过垂直的钻孔行程完成电路板的钻孔。

- 15 一般在钻特别深的孔时，例如，在多层电路板中，使用增量钻孔。在增量钻孔时，按预定的增量钻孔。通常，该增量是根据钻孔的材料、钻头的直径、钻孔转动的速度、钻孔轴向速度和/或其他相关的参数来决定。在每次钻完每一个增量之后，将钻头完全从孔中退出，以便允许该孔和钻头冷却。退出还有利于碎屑的清除。然后将钻头重新插入到该
20 孔中并接着钻另一个增量距离。再将钻头从孔中完全退出和重复该过程直到该孔到达所需的深度。

- 在印刷电路板钻孔机领域中一个重要的考虑因素是速度，机器可以钻孔的速度。通常这是关系到钻孔机的生产能力或生产量。虽然钻任何单个孔所需的时间相对少，但是每块印刷电路板通常需要钻几千个孔，
25 例如，每块板要钻 20,000 个或更多的孔。因此，在钻单个孔时所需时间的任何微小的节省都有很大的多重效应并且从长期看都有非常重要的意义。

所以，任何用于增加钻孔方法整个产量的方法和/或设备可以有极大的价值。

- 30 本发明的一个方面是用于制造印刷电路板钻孔机的一种方法。该钻孔机有工作台、轴、钻头和控制器。控制器被构造成用于控制钻孔机的操作。钻孔机被构造成用于钻孔到工件上的某一点和将所述钻头退回一

个缩回距离。缩回距离的被设置成使所述钻头的尖端仍停留在所述工件的上表面之下。钻孔机还被构造成钻入所述工件中一个大于所述缩回距离的距离。

- 5 本发明的另一方面是一种印刷电路板钻孔机，它包括工作台、轴、钻头和控制器。控制器被构造成指令钻孔机钻孔到工件中的某一点以及使所述钻头退回一个缩回距离。缩回距离的被设置成使所述钻头的尖端仍停留在所述工件的上表面之下。控制器还被构造成钻入所述工件中一个大于所述缩回距离的距离。

- 10 本发明还有另一方面是操作印刷电路板钻孔机的一种方法，该钻孔机包括工作台、轴、钻头和用于控制钻孔机操作的控制器。该方法包括在工件中钻孔到某一点并使所述钻头退回一个缩回距离。缩回距离的长度被设置成使所述钻头的尖端仍停留在所述工件的上表面之下。该方法还包括钻入所述工件中一个大于所述缩回距离的距离。

- 15 从下面优选实施例的详细描述中本发明其它方面、特点和优点将变得很清楚。

附图说明

现在将参考优选实施例的各附图描述本发明的这些和其他的特点，实施例是用于说明但不是限制本发明。附图包括以下各图：

图 1A-H 是示意地说明增量钻孔的标准的现有技术方法。

- 20 图 2A-H 是示意地说明按照本发明具有某些特点和优点的增量钻孔方法。

图 3 是比较现有技术和按照优选实施例在 Z 方向移动的距离的图。

图 4 是比较现有技术和按照优选实施例在 Z 方向移动距离的另一个图。

- 25 图 5A 和 5B 说明在增量钻孔的标准现有技术方法和按照优选实施例增量钻孔期间发生的壁的擦痕。

图 6A 和 6B 表示在增量钻孔的标准现有技术方法和按照优选实施例增量钻孔期间在 0.390 英寸厚的多层板上 500 次钻孔之后钻头的尖端磨损。

- 30 图 7 是具有按照优选实施例某些特点和优点的多轴印刷电路板钻孔机的透视图。

图 8 是图 7 的多轴印刷电路板钻孔机的单个轴的部分剖面图，其轴

处在升起的位置;

图 9 是图 7 的多轴印刷电路板钻孔机的单个轴的部分剖面图, 其轴处在下降的位置;

图 10 是用于控制图 7 的多轴印刷电路板钻孔机的控制器的示意图;

图 11A-D 说明示范性的程序, 可以应用该程序以便采用优选实施例的某些特点、方面和优点。

图 12 是单个轴的示意性部分剖面图。

图 13A 和 13B 说明用于接受步进钻孔参数的设定屏幕。

图 14A 和 14B 说明用于显示增量的显示屏幕。

图 15 示意地说明改进的增量钻孔法的修改实施例。

具体实施方式

图 1A-H 说明用于在印刷电路板上增量钻孔的标准现有技术方法。这个方法将称为“标准增量钻孔”。如在图 1A 中所示, 在标准增量钻孔中, 钻头 12 的尖端 10 最初位于退回位置, 该位置在工件叠层 16 的上表面 14 之上有距离 A。在这个例子中, 通过工件叠层 16 的孔将被钻 6 个相等的增量 I。为了使孔穿过叠层 16, 6 个增量的总和 (即 $6I$) 必须大于工件叠层 16 的深度。取决于工件叠层 16 的深度、工件叠层 16 的材料组成、钻头 12 的直径、钻孔转动速度、钻孔轴向速度和/或其他相关的参数, 可以采用更多/更少的增量或更小/更大的增量。当然, 也可以使用下述的方法产生盲孔 (即: 没有完全穿透工件叠层 16 的孔)。

在第 1 步 (图 1B), 钻头 12 通过钻入到工件叠层 16 中一个增量 I 形成第 1 增量。然后钻头退回到缩回位置。在退回步骤时, 钻头移动的缩回距离 $R1$ 等于第 1 增量和距离 A 的和。

接着参考图 1C, 在第 2 步时, 钻头 12 在第 1 增量下面钻进一个增量形成第 2 增量 (即: 到达等于 2 个增量的深度)。钻头 12 缩回等于 2 个增量 $2I$ 和距离 A 总和的距离 $R2$ 返回到开始位置。在第 3 步时 (图 1D), 钻头 12 在第 2 增量下面钻进一个增量并后退距离 $R3$ (即 $3I+A$)。

图 1E 说明第 4 个增量。在这一步, 钻头在第 3 增量下面钻进一个增量并后退距离 $R4$ (即: $4I+A$)。图 1F 说明第 5 增量, 其中钻头在第 4 增量下面钻进一个增量并退回距离 $R5$ (即: $5I+A$)。最后, 对第 6 增量, 钻头 12 通过钻入到工件叠层 16 中 6 个增量 $6I$ 前进通过工件叠层 16 的

底(图 1G)。然后钻头 12 退回距离 $R6$ (即: $6I+A$)。接着钻头移动到开始位置(见图 1H), 该位置位于缩回位置之上, 在工件叠层 16 的上表面 14 之上距离 B 。这样完成了标准的增量钻孔循环以及可以将钻头 12 移动到工件叠层 16 上的另一个位置并可以增量方式钻另一个孔。

- 5 图 2A-G 是示意地说明改进的增量钻孔方法, 它具有按照优选实施例的某些特点和优点。如在图 2A 中所示, 钻头 12 的尖端 10 最初位于开始的缩回位置, 该位置在工件叠层 16 的上表面 14 之上有距离 A 。在第 1 步(图 2B), 钻头 12 通过钻入到工件叠层 16 中一个增量形成第 1 增量。接着钻头 12 移动缩回距离 $R1$ 退回到最初的缩回位置, $R1$ 优选地
10 等于第 1 增量 I 和距离 A 的和。

如上所述, 在说明的装置中, 钻头 12 在第 1 步结束时回到最初的缩回位置。但是, 应该理解在改进的装置中, 可以使钻头 12 退回到位于最初缩回位置之下的位置。例如, 第一退回距离 $R1$ 的长度可以被设置成使钻头的尖端 10 位于工件叠层 16 的上表面 14 或在其下面。当钻
15 头退回到最初缩回位置 A 之下的位置时, 那么钻头 12 必须移动与标准增量钻孔方法和这里描述的优选实施例相比较更短的距离。

参考图 2c, 钻头 12 在第 1 增量之后再钻进一个增量形成第 2 增量。应该理解钻头 12 向下移动的距离等于 2 个增量 $2I$ 加上距离 A 。而且, 虽然钻头 12 在转动, 因而“钻进”的基本上整个时间钻头是向下移动的, 但是只有在最后一个增量距离中, 钻头 12 才从工件叠层 16 切除材料, 在优选的实施例中这个最后的增量距离等于距离 I 。
20

在第 1 增量后钻进一个增量之后, 钻头 12 退回到中间的缩回位置, 该位置优选地是在工件叠层的上表面 14 之下。在优选的实施例中, 该中间缩回位置是前一步的深度。也就是说, 在第 2 步的终端, 钻头的尖端 10 位于工件叠层 16 的上表面 14 之下近似一个增量。换句话说, 在
25 优选的实施例中, 在第 2 步骤中, 钻头 12 向下移动通过稍大于两个增量 $2I$ 的初始行程(即: $2I$ 加 A)和退回一个增量 I 的行程。

在第 3 步中(图 20), 钻头 12 在工件叠层 16 中钻进 2 个增量 $2I$, 从而到达等于 3 个增量 $3I$ 的深度。然后钻头 12 退回一个增量到中间缩回位置, 该位置在优选的装置中是前面增量的深度(即: $2I$)。图 2E 说明第 4 步。与前面的步骤一样, 钻头 12 在工件叠层 16 中钻进 2 个增量 $2I$ 和退回一个增量 I 。图 2F 说明第 5 步, 其中钻头 12 在工件叠层 16
30

中钻进 2 个增量 2I 和退回一个增量 I。最后，在第 6 步中，钻头 12 钻进 2 个增量因而穿透工件叠层 16 的底（见图 2G）。然后钻头 12 退回到最初的缩回位置，该位置在该缩回位置之上距离 A。如在图 2H 中所示，接着钻头 12 移动到开始位置，该位置在工件堆 16 的上表面 14 之上距离 B。这样完成了改进的增量钻孔方法的一个循环。现在可将钻头 12 移动到工件叠层 16 上的另一个位置并可以增量方式钻另一个孔。

在改进的增量钻孔方法中，钻头 12 的移动明显小于标准增量钻孔方法。例如在第 2 增量和最后增量之间的向下行程中，改进的增量钻孔方法的优选实施例节省的距离，是等于下面的公式：

$$DS = (N-2) \times I + A$$

式中 DS=节省的距离

N=增量的数目

I=增量的长度

A=最初退回的高度

例如，对第 4 增量来说（图 2F），改进的增量钻孔方法在向下行程时节省的距离等于 2I+A 的和。

除了最后一个增量，改进的增量钻孔方法的优选实施例节省的距离，是等于下面的方程式：

$$DS = (N-1) \times I + A$$

式中 DS=节省的距离

N=增量的数目

I=增量的长度

A=最初退回的高度

例如，在第 3 增量时（图 2F），改进的增量钻孔方法在退回行程时节省的距离等于 3I+A。

图 3 是说明采用改进的增量钻孔方法的优选实施例可能节省的距离的图。在这个图中，垂直轴表示用增量表示的移动的距离。一组柱子代表应用在图 1A-H 中描述和说明的标准增量钻孔方法所移动的距离。另一组柱子代表应用在图 2A-H 中所说明的和上述的增量钻孔方法优选实施例所节省的距离。

图 4 是说明采用改进的增量钻孔方法的优选实施例可能节省的距离的另一个图。在图 4 中，各柱代表节省的距离，它是作为钻进到工件叠

层 16 中各增量数目的函数。指示的节省距离是以在上述标准的增量钻孔方法中移动距离的百分比表示。如图所示,采用改进的增量钻孔方法节省了大量的距离。

因为节省了距离,改进的增量钻孔方法与标准的增量钻孔方法比较,就需要较少的时间钻透工件叠层。如上所述,钻任何单个孔所需的时间是相对很短的。但是,每块电路板通常需要钻几千个孔(如多至 20,000)。因此当使用改进的增量钻孔法钻多个孔时所节省的时间可以大大增加钻孔机的生产能力。

图 5A 和 5B 说明使用标准的增量钻孔法(图 5A)和改进的增量钻孔法(图 5B)产生的壁的擦痕。壁的擦痕是由钻头凸纹、孔壁和孔中的任何碎屑之间的接触造成的。如各图中所示,在壁擦痕的程度上与标准的增量钻孔法比较改进的增量钻孔法仅产生边缘的差别。一般来说,改进的增量钻孔法在整个孔中产生略为多一点的壁擦痕。已经确定两种方法都需要提供合适的切屑清除,这在各个增量钻孔法的退回部分进行。

图 6A 和 6B 表示标准步进钻孔法(图 6A)和快速步进钻孔法(图 6B)中在 0.390 英寸厚多层板上进行 500 次钻孔后的钻头的尖端。如这些图所示,就这两种增量钻孔法来说在钻头尖端切削边缘上的磨损是相当类似的。

在上述改进增量钻孔法的优选实施例中,增量 I 是相同的尺寸。但是,应该理解在修改的实施例中可以实现优选实施例的几个特点和优点,其中增量是不相同的。在钻透有不均匀特性的工件叠层时这样不相同的增量可能特别有用。例如,如果当钻头钻过工件叠层时工件变得更硬或更致密,那么当钻头钻过工件叠层时可以要求减小增量的长度。

除了第 1 步和最后的一步,上述的改进增量钻孔方法的优选实施例所采用的退回距离都等于一个增量。也就是说,在退回行程时钻头回到前面增量的深度。但是,在修改的实施例中还可以达到优选实施例的几个特点和优点,其中使缩回的距离短于或长于一个增量。例如,缩回距离可以是长于一个增量 1.5 倍而钻进距离进行相应的调整。

在还有一个修改的实施例中,可将“全部”退回结合到改进的增量钻孔法中。也就是说,改进的增量钻孔法可以被将钻头完全退出工件叠层而“中断”。在将钻头完全退出之后,可以把钻头重新插入到孔中并可以继续改进的增量钻孔法的步进钻孔。如果钻头和/或工件叠层

将会变得太热，这样修改的实施例可能是很有用的。

图 7-10 说明具有某些特点和优点的。多轴印刷电路板钻孔机 100。特别是，如下面将要详细描述那样，钻孔机 100 是按照上述改进的增量钻孔法进行增量钻孔。

5 首先，参考图 7，钻孔机包括工作台 112，在它上面安装工件 114，如印刷电路板。在工作台 112 上面，在支架（未示出）上安装一个或多个轴 116。优选地工作台 112 可在由 X 轴 118 和 Y 轴 120 定义的水平面中移动。优选地工作台 112 可平行于任一个轴 118, 120 移动。在示出的装置中，由第 1 马达（见图 10）115 移动工作台 112，该马达分别转动
10 平行于 X 轴和 Y 轴的螺杆 122 和 124。依次，优选地由控制器 119 控制第 1 马达 115，该控制器表示在图 8 中，下面将要详细描述。如在现有技术中已知的那样，可由另一种装置获得在钻孔机上工作台 112 相对轴 116 的定位，例如，沿 X-Y 平面中一个方向移动轴 116 和在另一个方向移动工作台 112。

15 每根轴 116 限定轴线 A（图 8），并可以在垂直于工作台 112 的方向上从上升位置移动到下降位置。一般，轴线 A 平行于 Z 轴 126。轴 116 是由第 2 马达 121（示意地表示在图 10 中）移动，该马达驱动对本发明所属技术领域的普通技术人员来说，众所周知类型的螺杆装置。如下面
20 将要详细描述那样，由控制器 119 优选地控制第 2 马达 121 和轴 116 沿着 Z 轴的移动。

现在参考图 8 和 9，钻头 128 是安装在轴 116 中，使钻头 128 垂挂在轴 116 的底部。轴 116 上的钻夹头 130 夹住钻头 128 的圆柱形的柄 132。由第 2 马达 123（见图 10）驱动轴 116，优选地第 2 马达也由控制器 119 控制，该马达使钻头 128 转动进行钻孔。加压脚 134 安装在轴 116
25 下面和可在垂直方向相对轴 116 移动。在示出的装置中将加压脚 134 通过圆柱形杆 136 连接到轴 116，该杆是气动偏压的，从而迫使加压脚 134 向下，离开轴 116。如图 9 所示，加压脚 134 的底表面 138 在钻孔操作
30 时与工件 114 的顶部接触。在钻孔时，驱动轴 116 向下从而使压力脚的底表面 138 与工件 114 接合。轴 116 的向下力很容易克服杆 136 上的偏压力，从而使轴继续垂直向下移动，并同时开始相对压力脚 134 向下移动。如在图 9 中说明的那样，轴 116 连续地向下移动使钻头 128 穿过加压脚 134 中的孔 140。

示出的钻头 128 可以有各种各样的直径 D。优选地，钻头 128 的直径是在 0.002 和 0.260 英寸之间的范围内。如在图 8 和 9 中说明的那样，4 到 5 个工件 114 的叠置通常组成工件叠层。另外，可将背衬材料件 142 放在工件叠层 114 和工作台 112 之间以便防止对工作台 12 上表面的损伤。

在操作中，轴 116 原先是在升起的开始位置，如在图 8 中所示。工作台 112 由螺杆 122、124 定位在 X 轴 118 和 Y 轴 120 定义的平面内，从而使钻头 128 的轴线 A 与所需的孔的位置相交。所需孔的位置是一圆形的区域，由工件 114 外表面上所需钻孔的投影限定。

然后使钻轴 116 下降直到加压脚 134 的底表面 138 接触工件叠层 114（即：最初的缩回位置）。加压脚 134 将工件叠层 114 保持在轴 116 的轴线 A 的位置。轴 116 克服从偏压加压脚 134 来的阻力继续向下的行程。在到达它的行程底或者下降位置之后，轴 116 开始向上移动和回到它最初的升起的开始位置。接着由螺杆 122、124 将工作台 112 移动到 X-Y 平面中的下一个位置，从而使轴的轴线 A 与下一个所需孔位置的中心点相交并开始新的钻孔循环。优选地，由控制器 125（图 10）控制这些运动。过程一直进行到在印刷电路板叠层、或工件 114 中钻完所需数目的孔。

如上所述，优选地是由在图 8 中示意地说明的控制器 119 控制钻轴 116 的移动、钻轴 116 的转动和工作台 112 的运动。控制器 119 优选地包括 CPU（中央处理器）202、存储器 204 和用于在输入/输出界面 208 上接受指令和/或给用户显示信息的输入/输出装置 206。在示出的实施例中，输入/输出界面 208 包括显示屏 210 和键盘 212；但是，在修改的实施例中，输入/输出装置 208 可以包括，例如，触摸屏装置。

控制器 119 可操作地与第 1、第 2、第 3 马达 115、121、123 连接，以便控制钻轴 116 的移动、钻轴 116 的转动和工作台 112 的运动。当然，在修改的实施例中，可以使用一个以上的控制器和/或可以使用不同数目的马达。

现在参考图 11A-D，图中说明执行改进的增量钻孔方法优选实施例的示范性程度 300。该程序 300 优选地从用户接受步进钻孔参数开始（S-1）。优选地将这样的步进钻孔参数通过输入/输出界面 208 送入到控制器 119 的存储器 204。步进钻孔参数优选地包括下述参数：“开始

位置”、“叠层的高度”、“最初缩回位置”、“孔深”、“步进次数”、和“最小行程”。

参考图 12, 开始位置是在钻孔之后和移动到下一个孔的位置之前钻头 128 在工作台 112 上面的高度。例如, 在图 2H 中开始高度是距离 B。

5 叠层的高度是工件叠层 114 的高度和优选地是从工作台 112 的上表面开始定义。控制器 119 使用叠层高度以便确定什么时候钻头 128 将接触工件叠层 114。最初缩回位置是在钻第 1 个增量之前钻头在工件叠层 114 上面的高度。如上面解释那样, 在上述的标准增量钻孔方法中, 这是在钻完每个增量之后钻头退回到的位置 (即: 距离 A)。在改进的增量钻孔方法优选实施例

10 中, 这是钻头在钻完第 1 增量之后退回到的位置。为了钻盲孔, 使用孔深来定义要钻的孔的所需深度 (见图 12)。步进钻孔的数目是每个孔要钻的增量的数目。优选地, 操作者根据所用的材料和其他因素选择这个数目。更优选地, 控制器被配置成通过将孔深除以步进钻孔数目来计算每个增量的长度。

15 如上所述, 在优选的实施例中, 各增量是均匀的。但是, 在修改的实施例中, 各增量是可以不相同的。例如, 如果工件叠层的密度随深度增加, 那么增量可以逐渐变小。最小行程限定在改进的增量钻孔方法中可以使用的最小增量长度。优选地, 存储器 204 存储约 0.005 英寸的缺省值; 但是, 用户可以选择任何合适的长度。控制器 119 优选地包括报警

20 器以便警告操作者这样的情况。使用的增量如小于最小增量, 会产生过热, 这将损害孔的质量。

对钻盲孔 (即: 孔没有穿透工件叠层 114 的底部) 来说上述的步进钻孔参数特别有用。在钻透工件时, 步进钻孔参数优选地还包括如下参数: “背衬高度”和“偏差”。背衬高度是从工作台 112 测量的背衬材料

25 的高度。偏差是参照背衬材料 142 孔的所需深度。正值表示孔在背衬材料 142 上面和负值表示孔已经伸入到背衬材料 142 中。孔的最终深度是叠层的高度减去偏差。在这个装置中控制器 119 可以通过将最终深度除以步进数目计算出增量的长度。在钻盲孔时, 如果增量小于最小行程最好就警告操作者。

30 当然本发明所属技术领域的普通技术人员将认识到, 还可以用其他修改的方法限定包括在性能参数中的信息, 同时仍能达到优选实施例的某些特点和优点。例如, 步进钻孔参数可以包括“增量深度”, 它定义

每个增量的深度。在这样的布置中，用步进数目乘以增量深度可以定义孔深。在另一种布置中，步进钻孔参数可以包括“退回限制”，它是退回行程的距离。优选地，这个距离等于或小于增量的长度。当然，也可以用不同的名称提供步进钻孔参数。

5 图 13A 和 13B 示出示范性设定屏幕 302a、302b，这些屏幕可以显示在输入/输出界面 208 上。设定屏幕 302 提示操作者将各种步进参数输入到控制器 119 中。例如在图 13A 中所示，示出的设定屏幕 302a 优选地包括“步进钻孔状态”按钮 304a，可以使用它将钻孔机 100 从非增量钻孔模式切换到增量钻孔模式。示出的“步进钻孔状态”按钮 304a 还
10 指示钻孔机 100 的电流模式。可以使用“步进钻孔工具”306a 按钮从存储器 204 选择一组步进参数。也就是说，可以在存储器 204 中存储一组步进参数并与显示在步进工具按钮 306a 中的变量相联系。以这种方式，操作者通过用步进参数按钮 306a 选择特定的变量可以调用一组步进参数。

15 用“叠层的高度”按钮 310a，可以将上述的叠层的高度输入到控制器 119 中。可使用“步进钻孔数目”按钮 312a 输入每个孔要钻的所需增量数目。可使用“上限”按钮 314a 输入上述的开始位置。类似地，可使用“第 2 上限”按钮 316a 输入上述的最初缩回位置。

在优选的实施例中，在钻盲孔时不用“下限”按钮 318a 和“BOFS”
20 按钮 320a。因此，这些按钮下面将结合图 13B 进行描述。可以使用“最终深度”按钮 322a 和“最小行程”按钮 324a 输入上述的最终深度和最小行程。

图 13B 说明钻通孔（即：孔穿过工件叠层 114）的设定屏幕 302b。与图 13A 相同，这个设定屏幕 302b 包括“步进钻孔状态”按钮 304b、“步
25 进钻孔工具”306b、“叠层的高度”按钮 310b、“步进数目”按钮 312b、“上限”、“第 2 上限”按钮 316b、“下限”按钮 218b、“BOFS”按钮 320a、“最终深度”按钮 322b 和“最小行程”按钮 324b。在这个布置中，“下限”按钮 218b 优选地能自动给定背衬材料（见图 12）的高度。使用“BOFS”按钮 320b 调整相对映象表面高度的背衬高度。在这个装
30 置中，“最终深度”按钮 322b 显示用“下限”按钮 218b 和“背衬偏差”按钮 322b 输入的数据的总和。

参考图 11A，在程序 300 接受步进参数之后，该程序计算出上述的

步进增量 (S-2)。在优选的布置中, 接着程序 300 在显示器 210 上以在图 14A 和 14B 中所示的表格的形式显示出每个增量的步进深度 (S-3)。在修改的布置中, 可以用图的形式表示每个增量的步进深度。

在显示每个增量步进深度之后, 程序移动工作台 112 (如果需要)
5 使钻头 132 中心定位在下一个要钻的孔的位置上 (S-4)。然后程序 300 确定操作者是否已经选择标准的增量钻孔 (S-5)。

如在图 11B 中所示, 如果已经选择标准的增量钻孔, 程序 300 将钻头 128 移动到最初缩回位置 (S-6)。程序 300 还将 (i) 给定深度变量 D 为一个增量 I 和最初缩回高度 A 的总和以及 (i) 增量数 N 为 1。程序
10 300 接着使钻头 128 钻进到等于深度变量 D 的深度 (S-7)。然后程序 300 将钻头退回到最初缩回位置 (S-8)。

接着程序 300 确定是否已经钻完最后一个增量 (S-9)。优选地, 这包括比较增量数目 N 与操作者选择的步进数目。如果没有钻完最后一个增量, 那么程序 300 将增量 I 加到深度变量 D 和将 1 加到增量数目 N
15 中 (S-10)。然后程序 300 循环回到使钻头的钻进深度等于深度变量 (S-7)。重复步骤 S-7 到 S-10, 直到钻完最后一步。

当钻完最后一步时, 程序 300 指令钻头退回到开始位置 (S-11)。如在图 11C 中所示, 然后程序 300 确定是否已经钻完最后一个孔 (S-12)。如果没有钻完最后一个孔, 程序 300 循环回到操作方框 S-4 和移
20 动工作台 112 使钻头 128 中心定位在要钻的下一个孔的位置之上。如果已经钻完最后一个孔, 程序 300 停止。

回到参考图 11A 的决定方框 S-5, 如果不是选择标准的增量钻孔, 程序 300 接着确定是否已选择改进的增量钻孔法 (S-13)。如果没有选择改进的方法, 那么程序 300 停止。如果已经选择改进的方法, 程序 300
25 进行到决定方框 S-14 (见图 11D)。在决定方框 S-14, 程序优选地通过确定增量数目是否等于 1, 来确定是否已经钻完第 1 个增量。如果没有钻完第一步, 程序 300 将钻移动到最初的缩回位置 (S-15)。接着程序 300 在工件中钻进下一个增量 (S-16)。对第一个增量, 钻进的距离优选地等于距离 A (即: 最初缩回位置在工件叠层 114 之上的距离) 和增
30 量 I 之总和。对接着的步骤, 钻进的距离优选地等于两个增量的总和 (即: $2I$)。

在已经钻完增量之后, 程序 300 使钻头退回到最初缩回位置 (S-

17)。然后程序 300 确定是否已经钻完最后一个增量 (S-18)，优选地这是由确定增量数目 N 是否等于步进钻孔数目来决定。如果没有钻完最后一个增量，程序移动到操作方框 S-19。在操作方框 S-19，程序 300 使增量计数器加 1 并将最初缩回位置设定为前面增量钻进深度的高度。

5 重复步骤 S-16 到 S-19 直到钻完最后一个增量。当钻完最后一步时，程序 300 使钻头退回到开始位置 (S-20)。如在图 11C 中所示，然后程序 300 确定是否已经钻完最后一个孔 (S-12)。如果没有钻完最后一孔，程序 300 循环回到操作方框 S-14。如果已经钻完最后一孔，程序 300 停止。

10 图 15 说明改进的增量钻孔方法修改的布置。在这个方法中，操作者可以设定“减速点”。在向下行程中在减速点减小钻头 128 的轴向速度。优选地将轴向速度减小到特别适合清除材料的钻削轴速度。一般，钻进轴向速度与要钻的材料、钻头的直径、钻头的转动速度和/或其他相关参数有关。以相同的方式在退回行程中优选地在减速点增加钻头
15 128 的轴向速度。

控制器 119 优选地这样构造，使操作者可以设定减速点。在优选的布置中，定义减速点为在前面增量深度上面的距离。优选地，这个距离小于单个增量的距离。优选地控制器 119 还这样构造，使操作者可以设定在减速点上面的轴向速度。优选地，这个轴向速度的范围是从约每分钟
20 1 英寸到每分钟 250 英寸。如果操作者设定的轴向速度超出这个范围，控制器 119 优选地设定该轴向速度为缺省值（如每分钟 250 英寸）。

还应该理解，可以将上述的布置结合到上述标准增量钻孔法中。在这样的布置中，在钻每一个增量之后钻头完全退回。但是，如上所述在减速点可以减小钻头的轴向速度。

25 在某些优选实施例和实例的内容中已经公开了本发明，对本发明所属技术领域的普通技术人员来说将能理解，本发明可以扩展到特定公开的实施例 3 外的其他别的实施例和/或本发明的应用和明显的修改以及它的等价物。另外，尽管已经详细和描述本发明各种各样的变型，对本发明所属技术领域的普通技术人员来说很显然可以进行各种其他的修
30 改，这些修改都在本发明的范围内。还应当知道，可以进行各实施例特殊的特点和方面的各种组合和替换，但仍属于本发明的范围之内。因此，应该理解为了形成所公开的本发明的变化模式，可以互相组合或代

替各公开实施例的各种特点和方面。所以，这里公开的本发明的范围不应该被上述特定的公开实施例所限制，而仅应通过完整阅读下述权利要求书来确定。

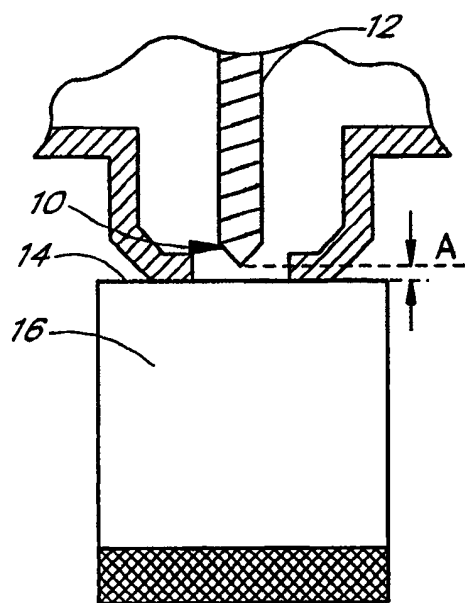


图 1A

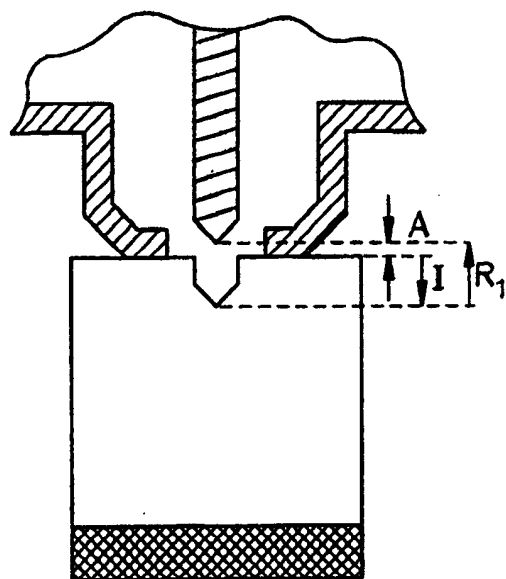


图 1B

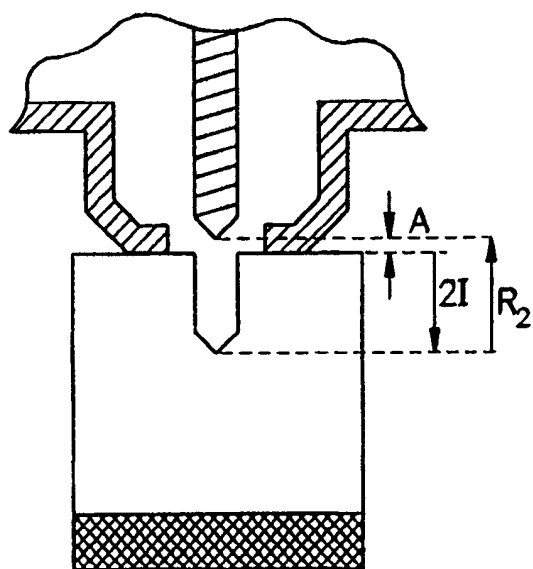


图 1C

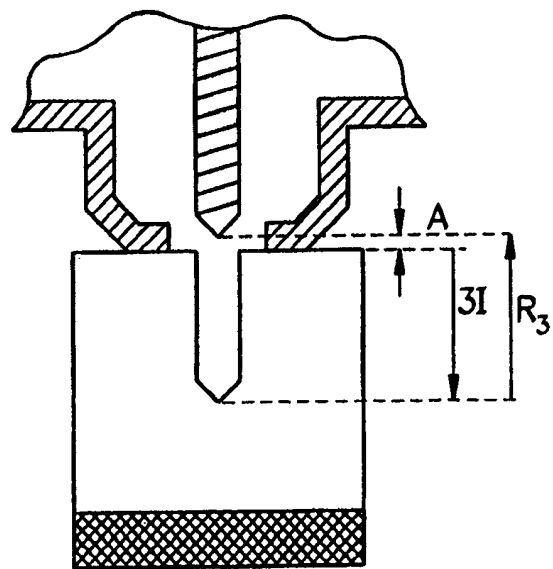


图 1D

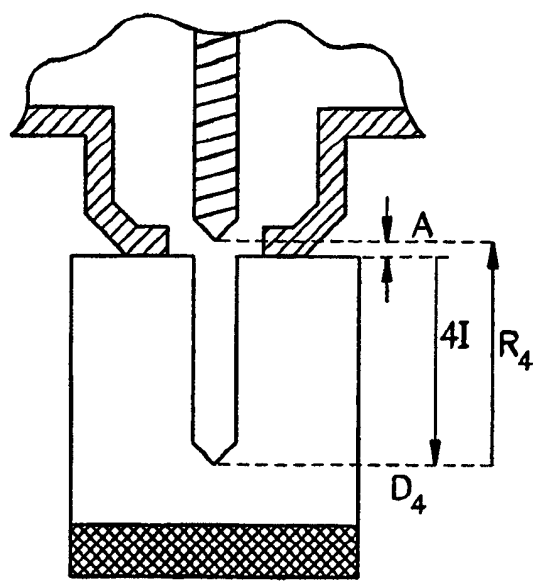


图 1E

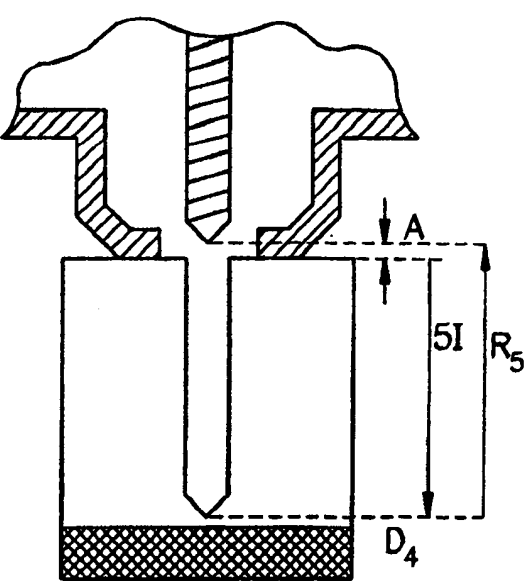


图 1F

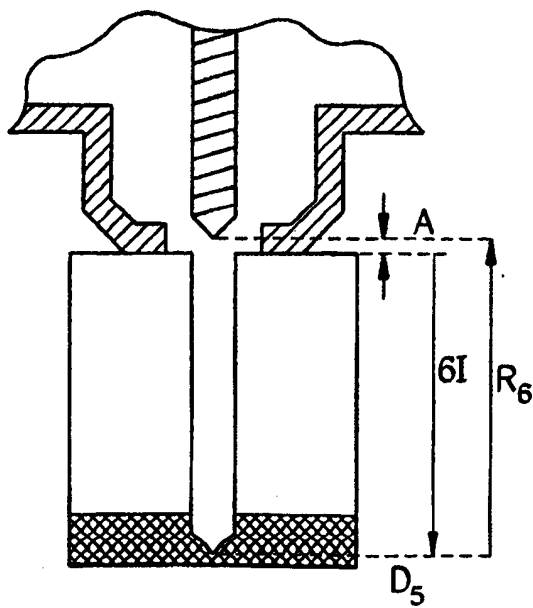


图 1G

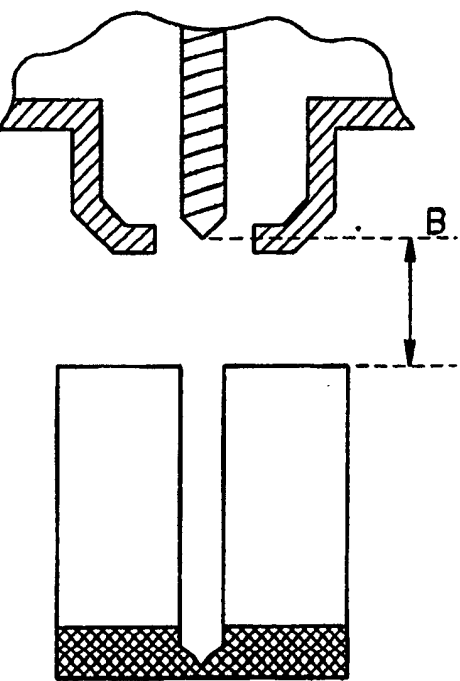


图 1H

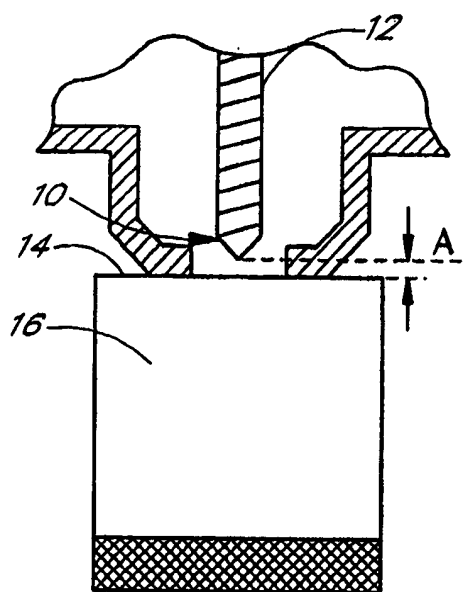


图 2A

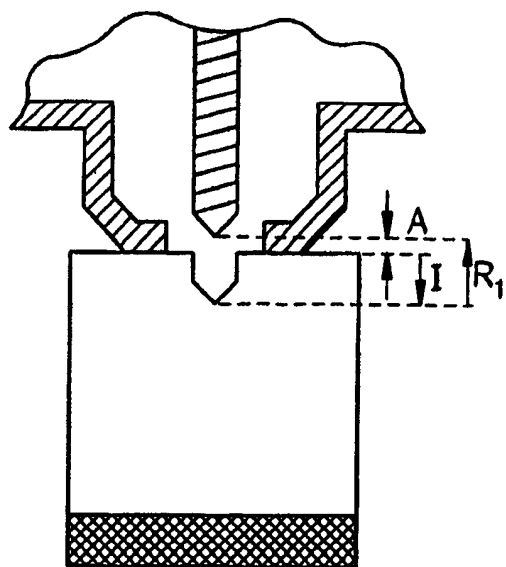


图 2B

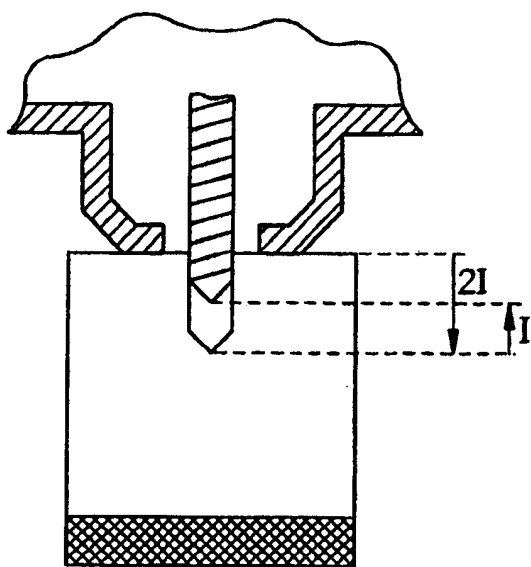


图 2C

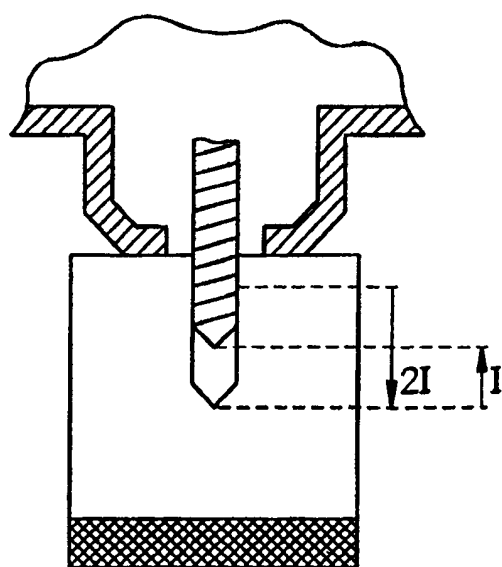


图 2D

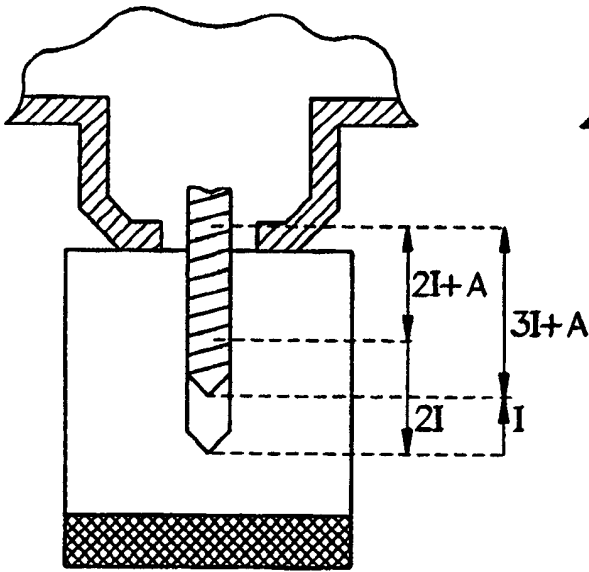


图 2E

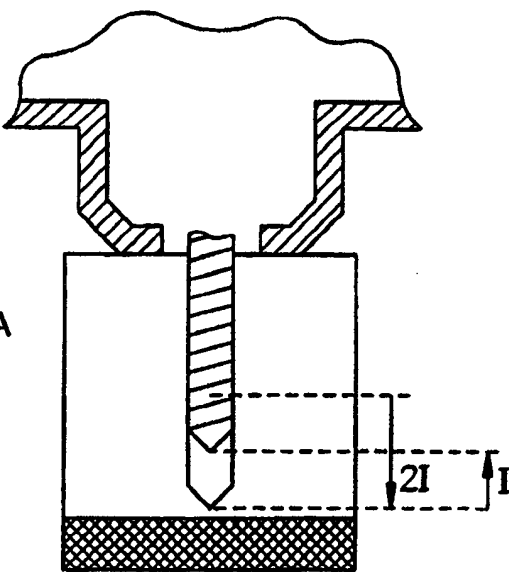


图 2F

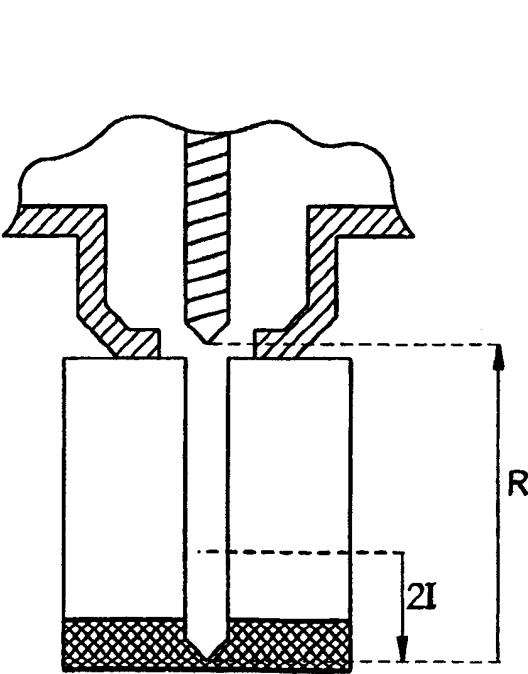


图 2G

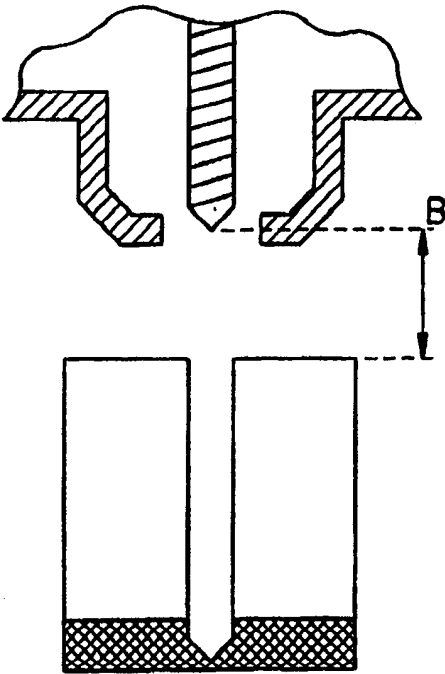


图 2H

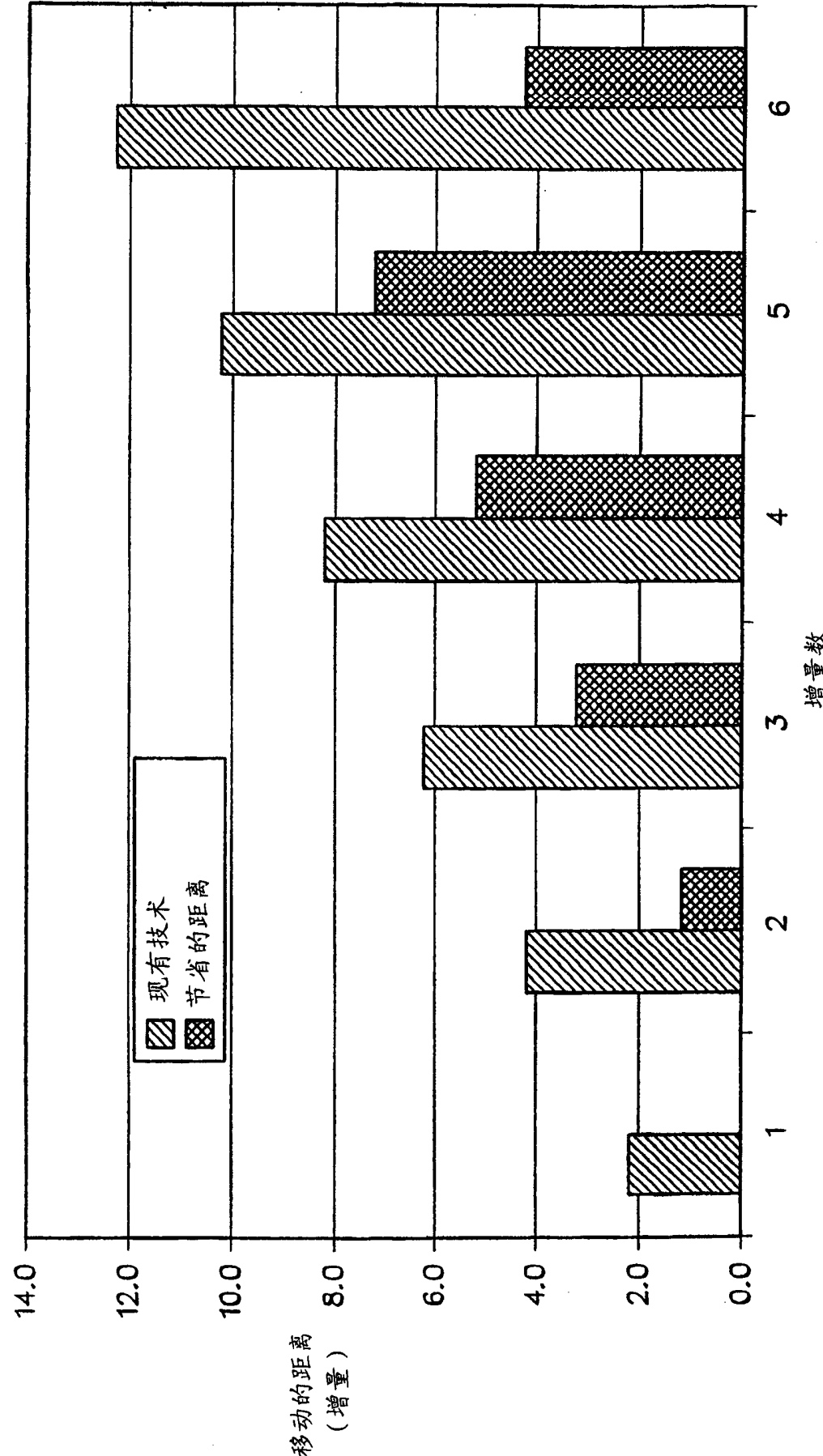


图 3

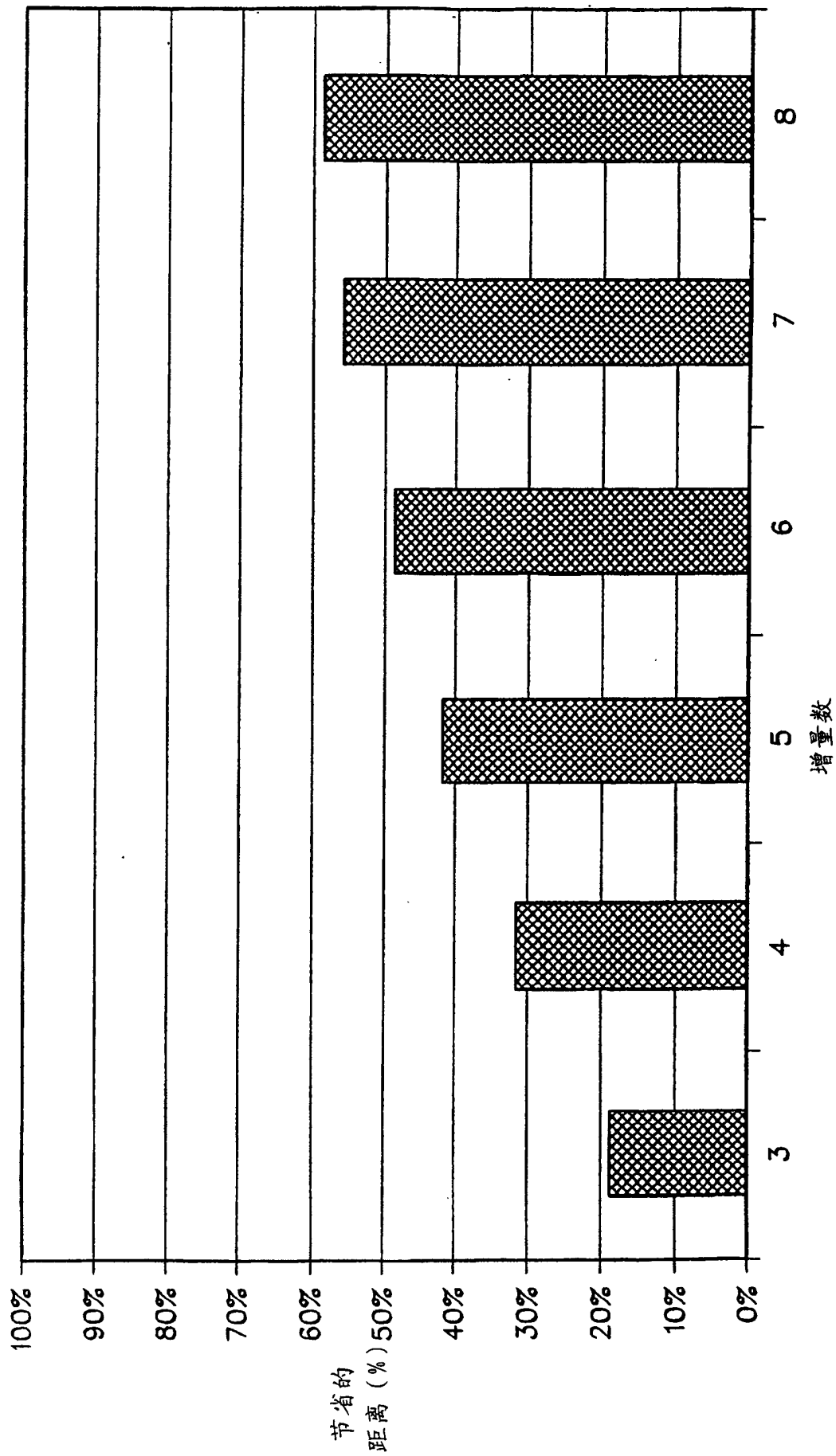


图 4

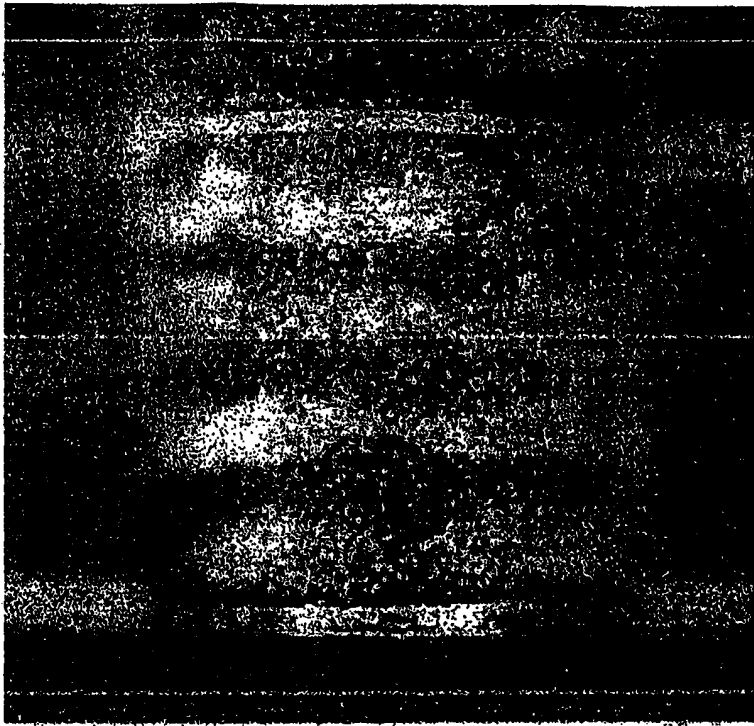


图 5A

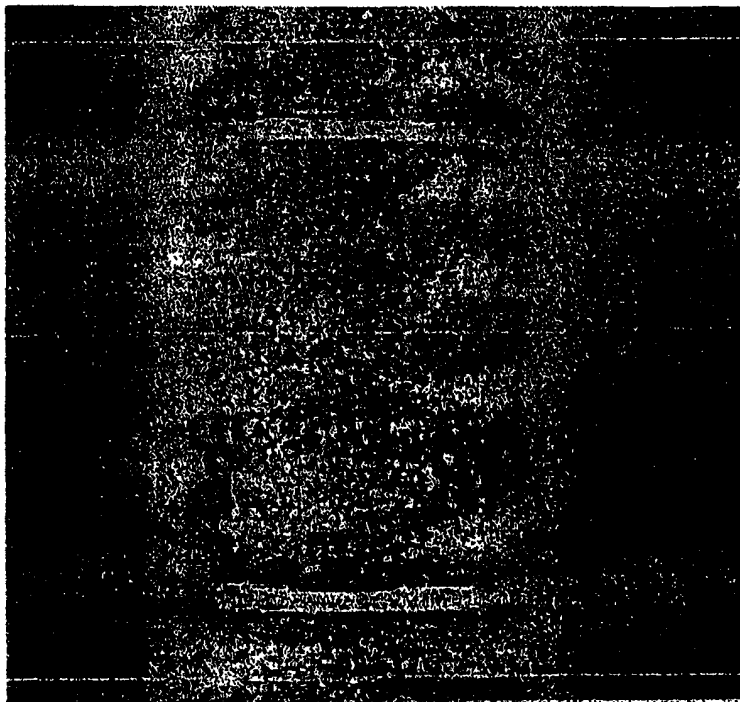


图 5B



图 6A



图 6B

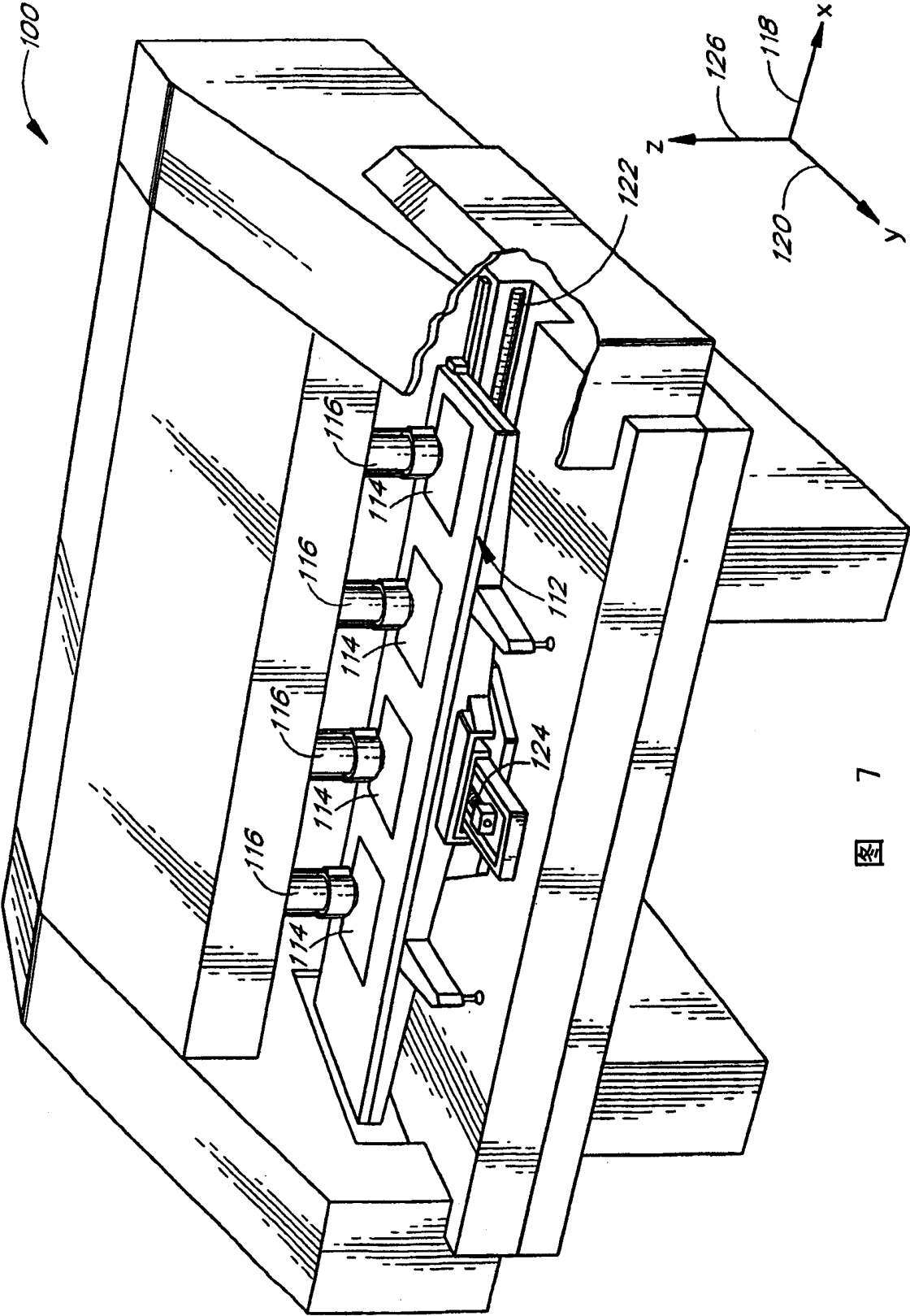


图 7

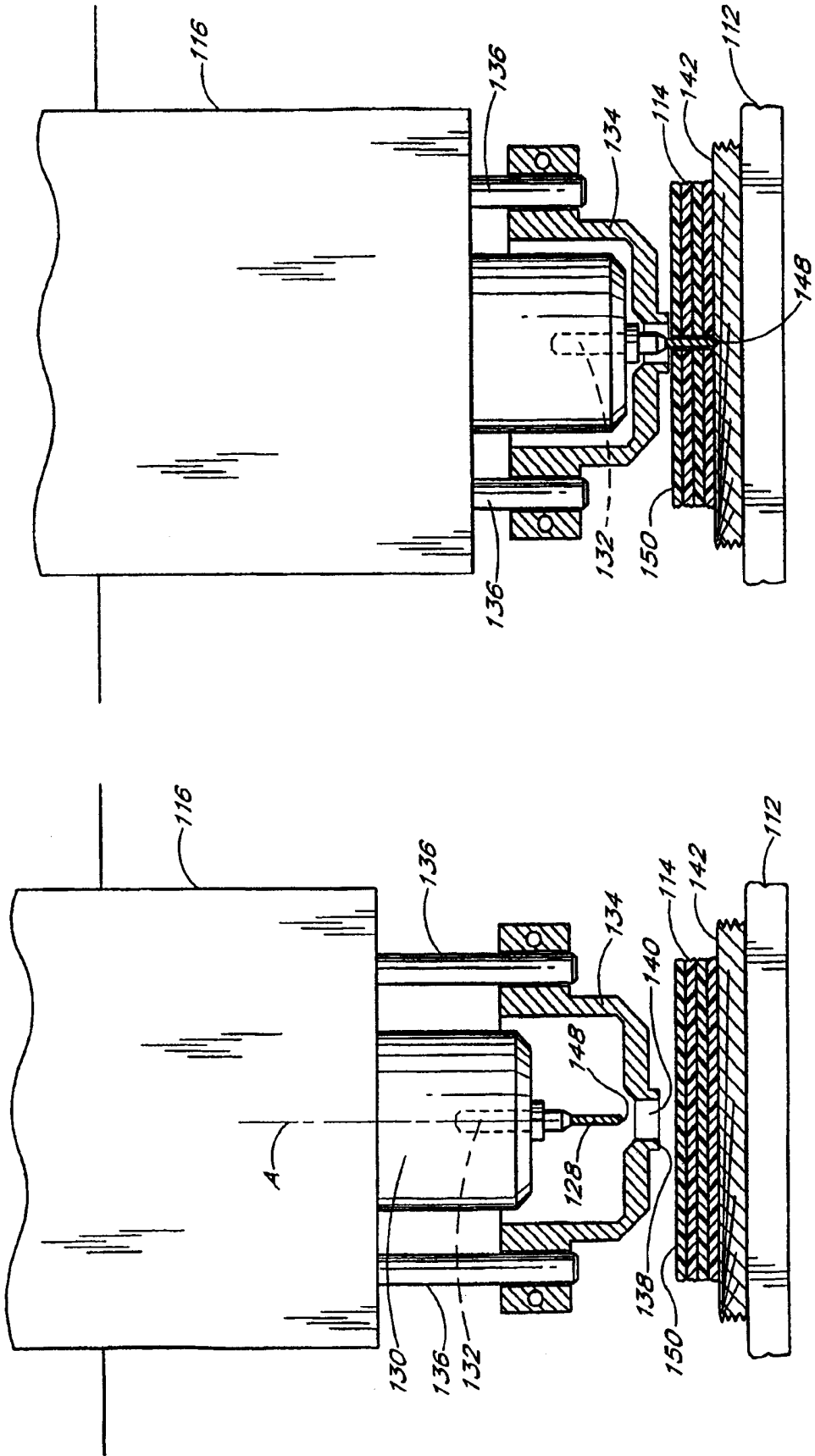


图 9

图 8

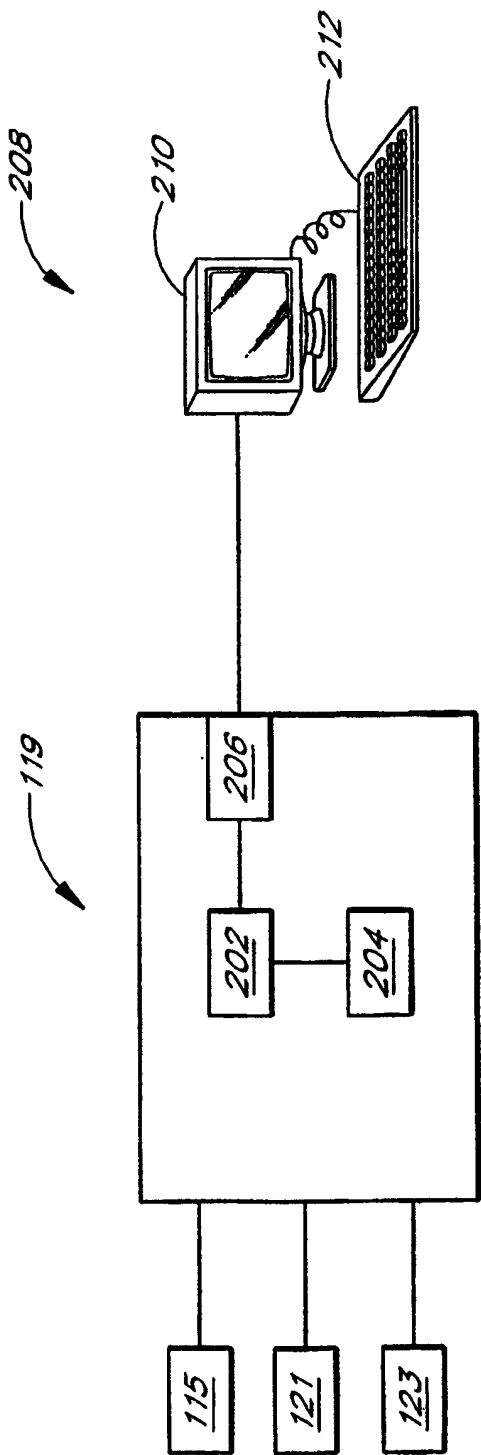


图 10

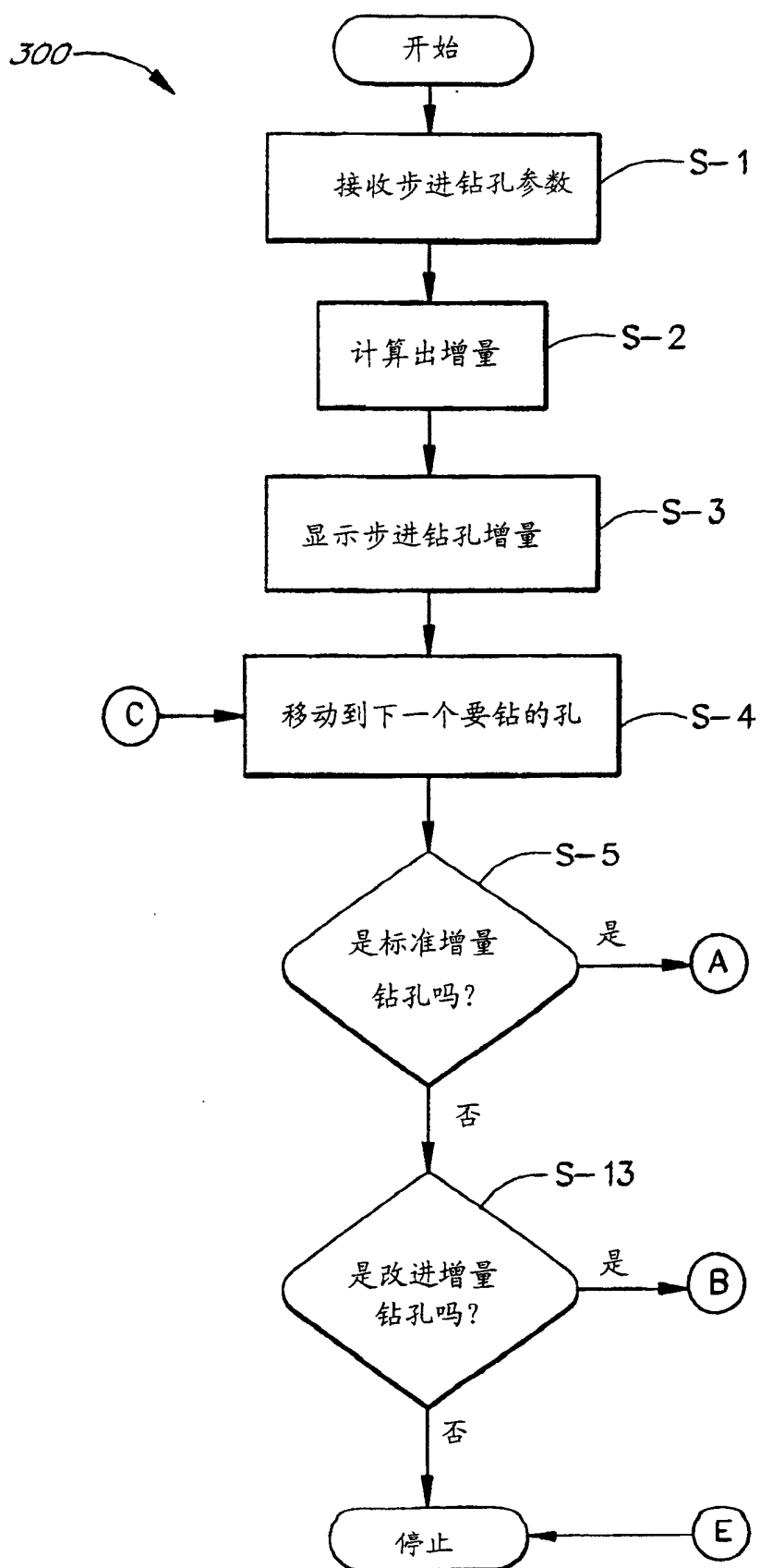
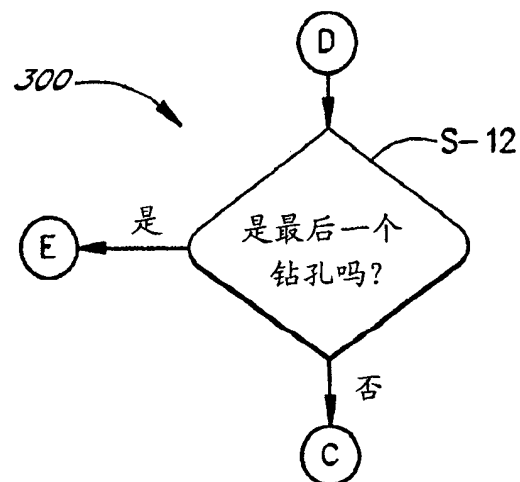
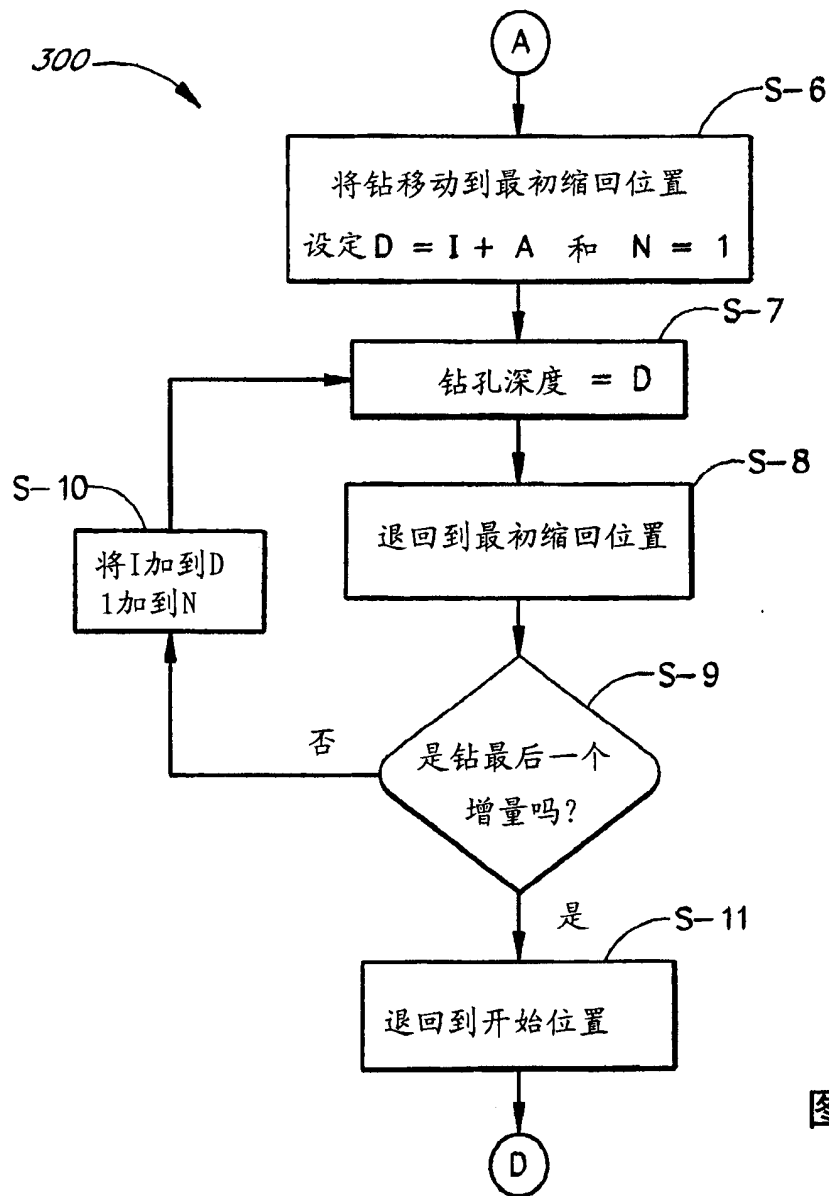


图 11A



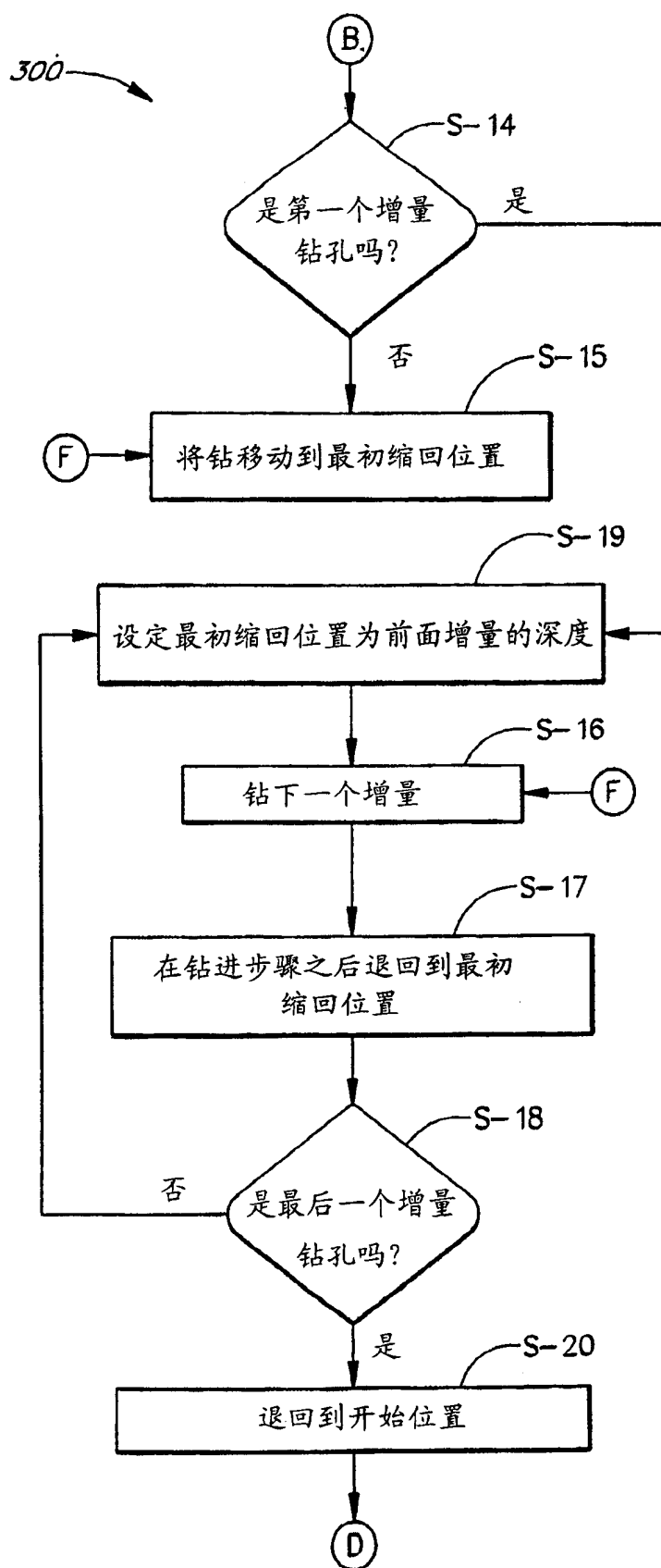


图 11D

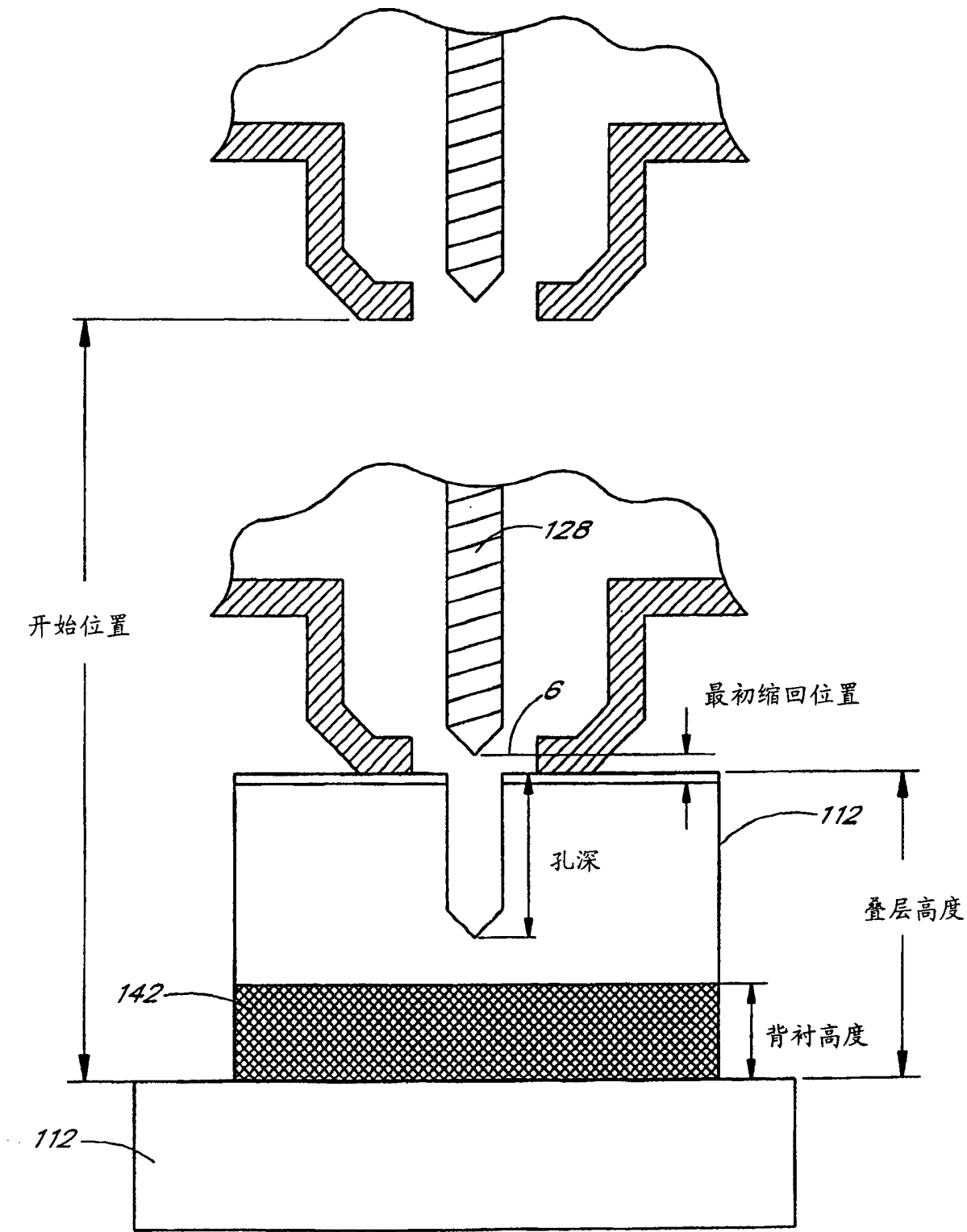
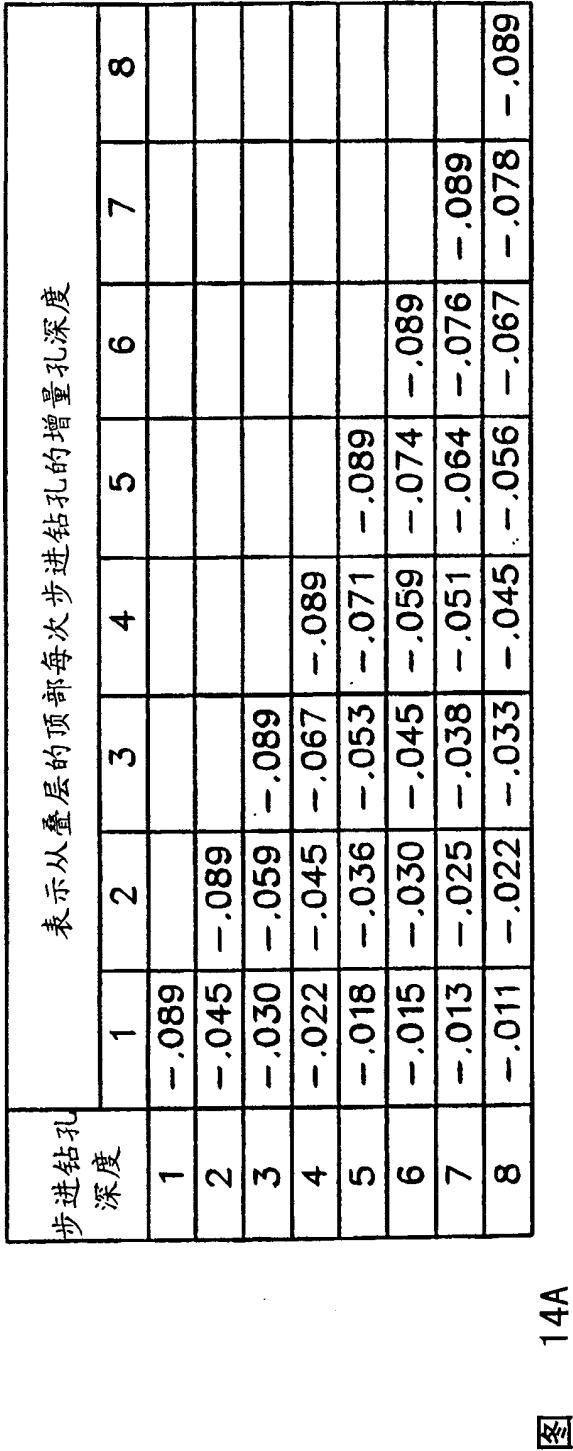
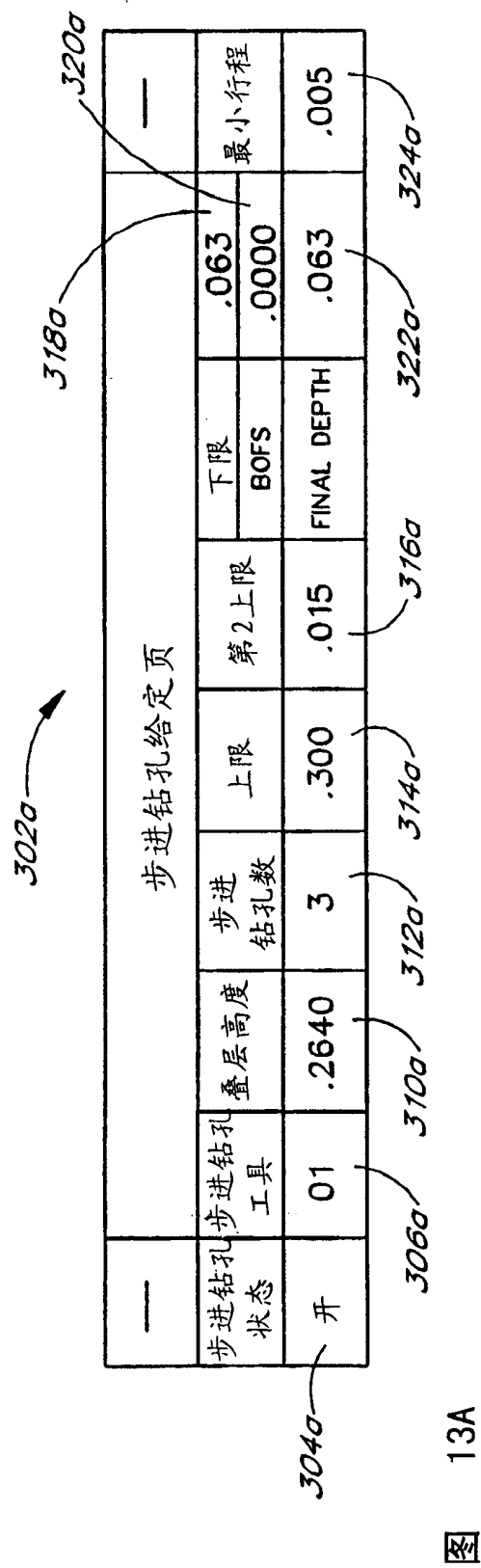
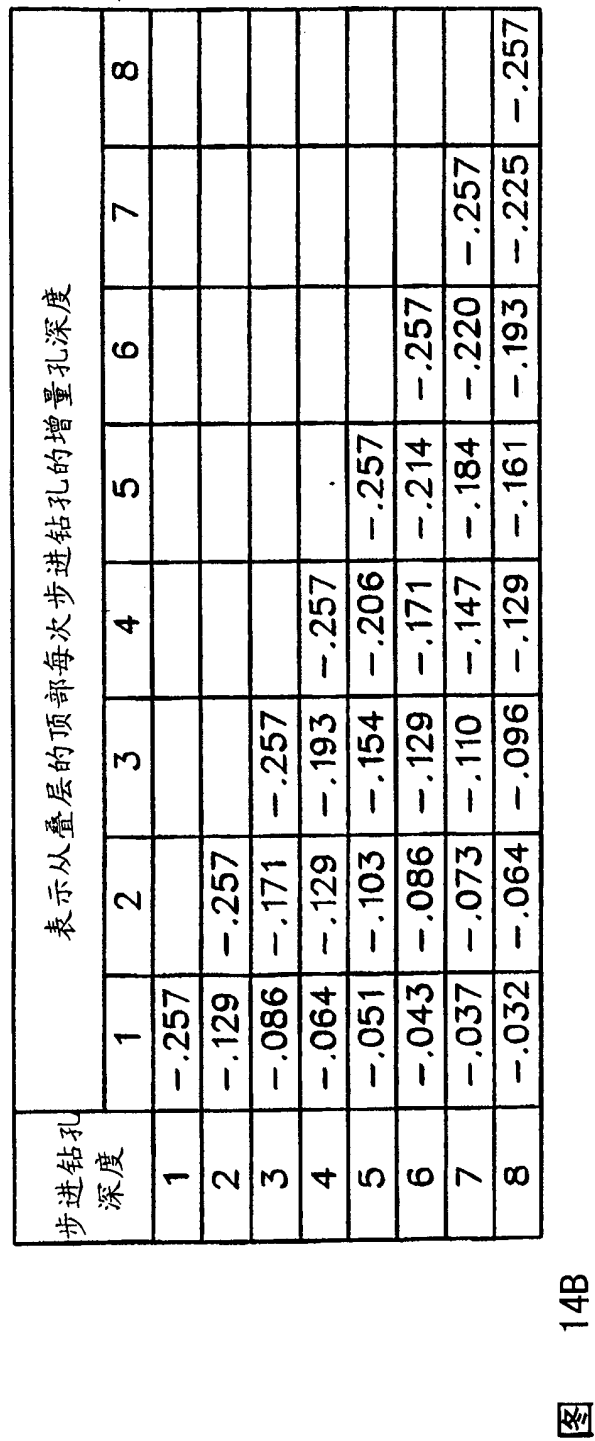
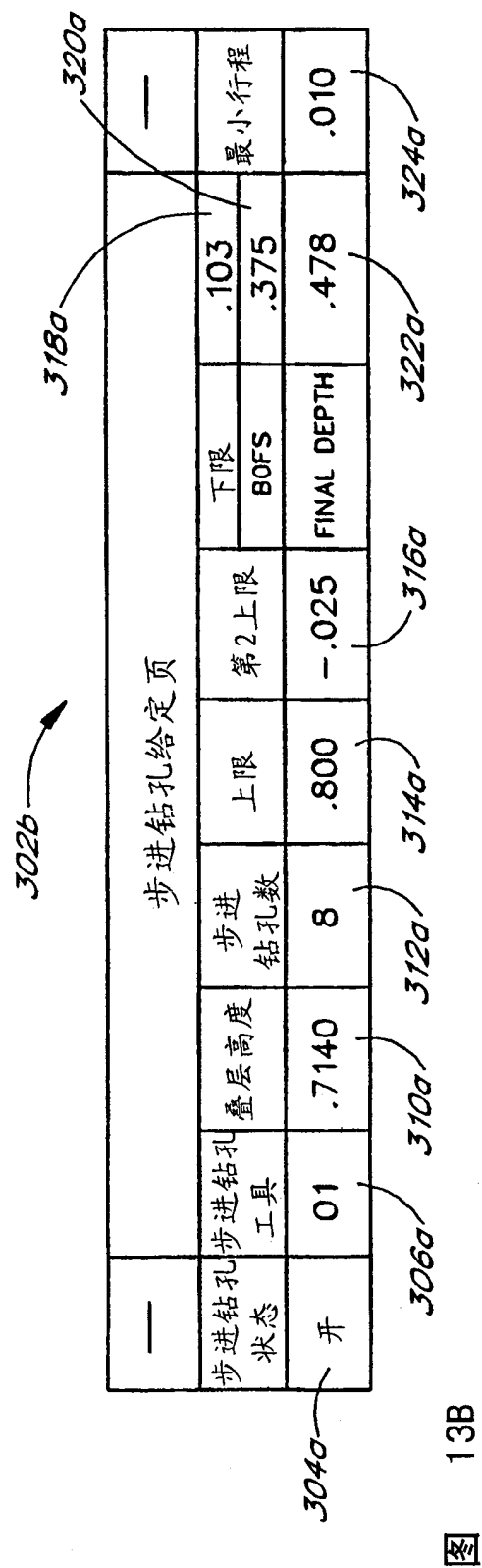


图 12





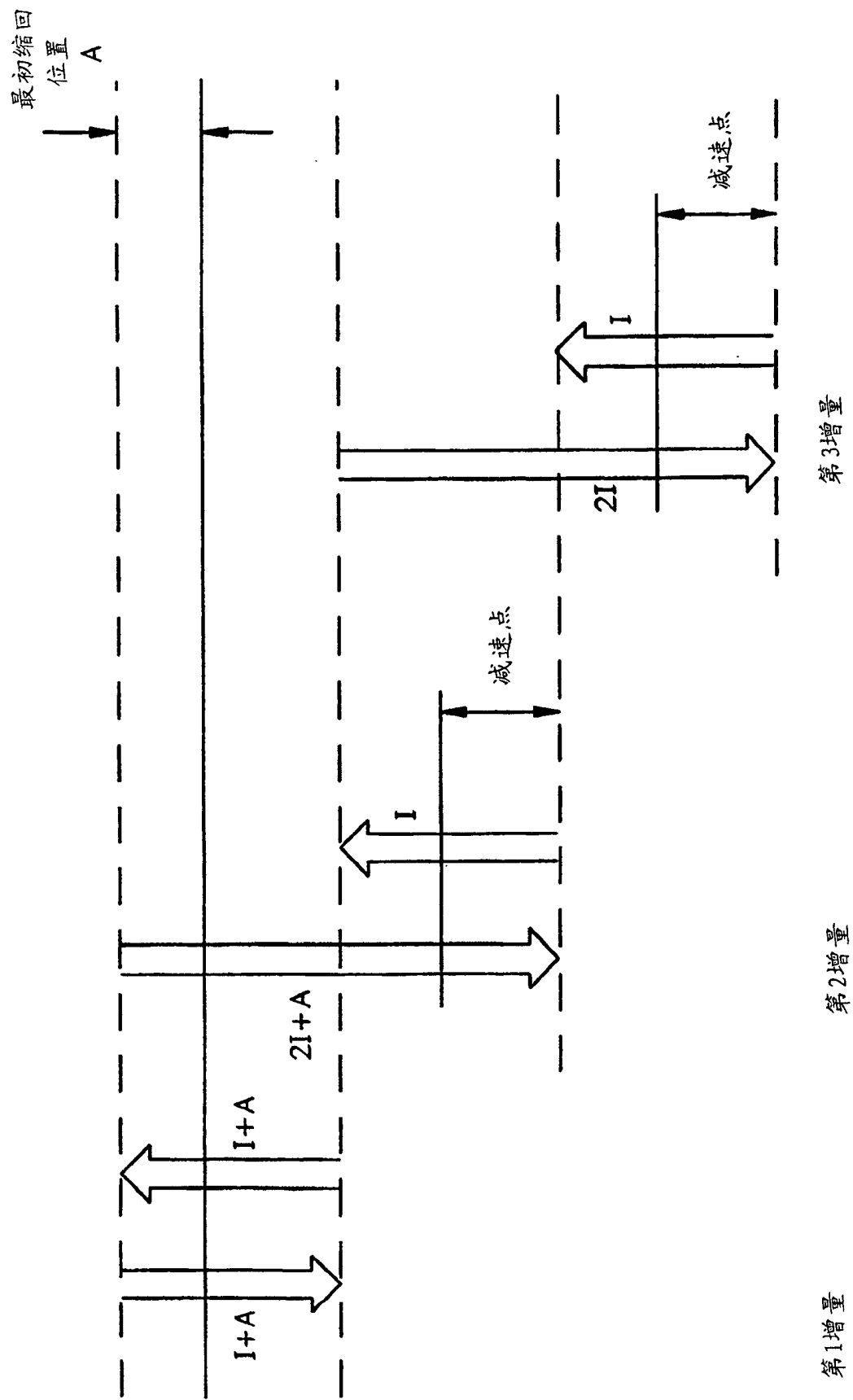


图 15