

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00811941.4

[45] 授权公告日 2006 年 2 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1239969C

[22] 申请日 2000.6.20 [21] 申请号 00811941.4

[30] 优先权

[32] 1999. 6. 22 [33] US [31] 60/140434

[32] 1999. 12. 3 [33] US [31] 60/168984

[86] 国际申请 PCT/US2000/017071 2000. 6. 20

[87] 国际公布 WO2000/079355 英 2000. 12. 28

[85] 进入国家阶段日期 2002. 2. 22

[71] 专利权人 布鲁克斯自动化公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 K·D·斯托达 B·D·舒尔策

K·察卡利斯

审查员 朱 骥

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴立明 陈 霁

权利要求书 7 页 说明书 28 页 附图 7 页

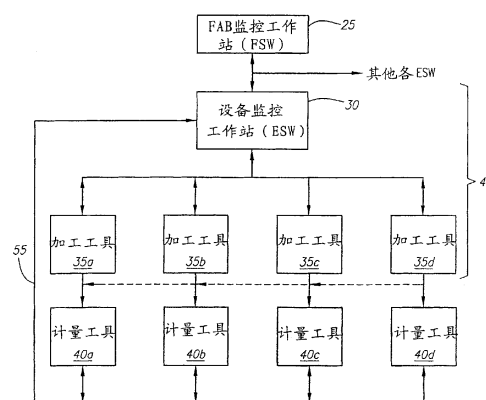
[54] 发明名称

用于微电子器件生产的逐次运行控制器

[57] 摘要

一种用于控制制造加工的自动逐次运行控制器，该控制器包含一套加工工具，一套在加工工具上进行计量测量的计量工具，和一个管理、控制加工工具的监控站。监控站包含一个接口，用于接收计量工具测量的数据；和一系列可变参数表，每一个可变参数表用于一个加工工具，这些可变参数表集体地关联于制造加工的工作程序。监控站还包含一个或多个内部模式，这些模式使收到的计量数据与一个加工工具的一个或多个变量联系起来，它们还可以修改储存在可变参数表里的变量采用反馈和/或前馈控制算法控制加工工具。在某些实施方案中，前馈算法可以用于调节闭环反馈控制的加工目标。监控站可以有一个用户接口，利用这种接口，可以根据系统实验的或预估的行为交互地选择不同的反馈或前馈模型格式(单一或多个-变量)，而且

还允许用户利用他们自己的模型进行逐次运行控制。



1. 一个控制制造加工的逐次运行控制系统，该系统包含：
多个加工工具；
- 5 多个计量工具，用于监视所述加工工具的操作，每一个计量工具适合从对应的加工工具获取计量数据；以及
监控站，所述监控站包含：
一个接口，用于接收来自所述每一计量工具的计量数据；
一个存储器；
- 10 多份变量参数表，所述每一加工工具一份，储存在所述存储器中，该变量参数表集体地关联于一个制造加工或工作程序，每个变量参数表在所对应的加工工具操作之前被下载到相应的加工工具；以及
至少一个模型结构，该结构把从前面的计量工具接收到的计量
15 数据和随后的加工工具的目标设定点关联起来，和另外的模型结构，该另外的模型结构适合控制在反馈控制回路中随后加工工具的操作，其中为了响应对接收到的计量数据的施加，按照所述至少一个模型结构修改一个与随后的加工工具相关联的随后的变量参数表中的一个或多个变量。
- 20 2. 权利要求 1 的逐次运行控制系统，其中所述的至少一个模型结构包含一个反馈控制模型。
3. 权利要求 1 的逐次运行控制系统，其中所述的至少一个模型结构包含一个前馈控制模型。
4. 权利要求 1 的逐次运行控制系统，其中所述的至少一个模型
25 结构同时包含一个反馈控制模型和一个前馈控制模型。
5. 权利要求 4 的逐次运行控制系统，其中所述的监控站还包含一个与所述反馈控制模型相关联的目标设置点，所述监控站根据前馈控制模型的输出调节该目标设置点。
6. 权利要求 1 的逐次运行控制系统，该控制系统还包含一个用
30 户接口，用于选择一个或多个模型格式，从这些模型格式产生出所述的至少一个模型结构。
7. 权利要求 6 的逐次运行控制系统，其中所述一个或多个模型

格式可以交互式地从多个预先定义的模型格式中选择, 所述的预先定义的模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

5 8. 权利要求 7 的逐次运行控制系统, 其中采用记忆消失最小二乘算法从实验数据确定所述至少一个模型结构的模型参数。

9. 权利要求 8 的逐次运行控制系统, 其中所述至少一个模型结构是通过死区非线性增益调节的用户可调节结构。

10. 权利要求 8 的逐次运行控制系统, 其中所述的至少一个模型结构可以由用户定义为最小二乘适配的、梯度适配的或无适配的。

10 11. 权利要求 8 的逐次运行控制系统, 其中至少一个模型结构的加工干扰及模型完整性度规由所述的用户接口显示。

12. 权利要求 8 的逐次运行控制系统, 其中至少一个模型结构的模型参数在运行之间是用户可调的。

15 13. 权利要求 7 的逐次运行控制系统, 其中所述的至少一个模型结构包含一个多输入、多输出模型。

14. 权利要求 1 的逐次运行控制系统, 该控制系统还包含一个用于从外部插入单元接收至少一个模型结构的接口。

20 15. 权利要求 1 的逐次运行控制系统, 其中为响应所述接收到的计量数据而被修改的所述变量自动地下载到该加工工具而无需用户介入。

16. 一种控制制造加工的方法, 该方法包括下列步骤:

(a) 在各个工具操作之前从多个变量参数表中将变量下载到多个加工工具;

(b) 按照下载的变量对加工工具进行操作;

25 (c) 在监控站接收来自监视所述加工工具操作的多个计量工具的计量数据;

(d) 将该计量数据应用到至少一个模型结构, 该模型结构将所述计量数据和所述变量关联起来, 所述变量包括用于下一个加工工具的目标设定点并由此产生一个输出; 以及

30 (e) 更新一个或多个所述变量参数表以响应所述输出, 并利用与在反馈控制回路中的下一个加工工具相关联的模型结构控制所述下一个加工工具的操作。

17. 权利要求 16 的方法, 其中重复步骤 (a) 到 (e) 以实现这种制造加工的逐次运行控制。

18. 权利要求 16 的方法, 其中步骤 (d) 包含将所述计量数据应用到一个反馈模型的步骤。

5 19. 权利要求 16 的方法, 其中步骤 (d) 包含将所述计量数据应用到一个前馈模型的步骤。

20. 权利要求 16 的方法, 其中步骤 (d) 包含将所述计量数据既应用到一个反馈模型也用到一个前馈模型的步骤。

21. 权利要求 16 的方法, 其中步骤 (c) 包含将所述计量数据从
10 所述计量工具自动传送到所述监控站的步骤。

22. 权利要求 16 的方法, 该方法还包含为至少一个模型结构设置一个目标设置点的步骤。

23. 权利要求 22 的方法, 其中步骤 (e) 包含为响应输出和目标设置点之间的比较, 对一份或多份变量参数表进行调节的步骤。

15 24. 权利要求 16 的方法, 其中每一份变量参数表都严格地和所述加工工具中的一个相关联。

25. 权利要求 16 的方法, 其中每一个计量工具的都严格地和所述加工工具中的一个相关联。

26. 权利要求 16 的方法, 该方法还包含通过一个用户接口交互式
20 地从多个预先定义的模型格式中选择所述的至少一个模型结构的步骤。

27. 权利要求 26 的方法, 其中所述的预先定义的模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

28. 权利要求 27 的方法, 该方法还包含由实验数据利用记忆消失
25 最小二乘算法为所述的至少一个模型结构确定模型参数的步骤。

29. 权利要求 27 的方法, 该方法还包含在运行之间为所述的至少一个模型结构调节模型参数的步骤。

30. 权利要求 26 的方法, 其中所述的至少一个模型结构可以由用户定义为最小二乘适配的、梯度适配的或无适配的。

30 31. 权利要求 26 的方法, 该方法还包含在用户接口处显示加工干扰及模型完整性度规的步骤。

32. 权利要求 26 的方法, 其中所述的至少一个模型结构包含一个

多输入、多输出模型。

33. 一个控制制造加工的逐次运行控制器，包含：
- 一个第一加工工具；
 - 一个第一计量工具，用于获得来自第一加工工具的计量数据；
 - 5 一个第二加工工具；
 - 一个第二计量工具，用于获得来自第二加工工具的计量数据；以及
 - 一个监控站，所述监控站包含
 - 一个接收来自第一计量工具的计量数据的接口；以及
 - 一个第一模型结构，它把来自第一计量工具的计量数据和第二加工
 - 10 工具的目标设置点关联起来；
 - 一个第二模型结构，用来在一个反馈控制回路中控制第二加工工具的操作；以及
 - 一个第一加工工具的变量参数表和一个第二加工工具的变量参数表；
 - 15 其中第一变量参数表的全部或一部分，在第一加工工具操作前被下载到第一加工工具，其中第二变量参数表的全部或一部分，在所述第二加工工具操作前被下载到该第二加工工具，以及其中在第二变量参数表中修改一个或多个变量以便对第一模型结构应用于所接收的计量数据进行响应。
 - 20 34. 权利要求 33 的逐次运行控制器，其中为了保持第二加工工具在所期望目标点的操作，所述监控站对第二变量参数表中的各参数进行调节以响应来自第二计量工具的计量数据。
 - 35. 权利要求 33 的逐次运行控制器，该控制器还包含一个接口，用于从一个外部插入单元接收第一模型结构或第二模型结构，或第一
 - 25 和第二模型结构两者。
 - 36. 权利要求 33 的逐次运行控制器，该控制器还包含一个用户接口，用于选择多个预先定义的模型格式中的一个，从这种模型格式产生出所述第一模型结构。
 - 37. 权利要求 36 的逐次运行控制器，其中所述的多个预先定义的
 - 30 模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。
 - 38. 一种控制制造加工的方法，该方法包括下列步骤：

- (a) 获得来自第一计量工具的有关第一加工工具的计量数据;
- (b) 将计量数据应用到第一模型结构, 第一模型结构使所述计量数据和第二加工工具的目标设置点关联起来并利用第二模型结构控制所述反馈控制回路中的第二加工工具的操作;
- 5 (c) 修改第二加工工具的变量参数表中的一个或多个变量以响应将第一模型结构施加到所接收的计量数据。
- (d) 将所述一个或多个被修改的变量下载到第二加工工具;
- (e) 按照下载的变量操作第二加工工具。
39. 权利要求 38 的方法, 其中重复步骤 (a) 到 (e) 以实现这种
- 10 制造加工的逐次运行控制。
40. 权利要求 39 的方法, 该方法还包含以下步骤:
- 获得来自第二计量工具的有关第二加工工具的计量数据;
- 将来自第二计量工具的计量数据应用到第二模型结构, 使来自第二计量工具的计量数据和第二加工工具的目标设置点关联起来, 以及
- 15 修改第二加工工具的变量参数表中的一个或多个变量;
41. 权利要求 40 的方法, 其中将来自第二计量工具的计量数据应用到第二模型结构的步骤, 包含将来自第二计量工具的计量数据应用于一个反馈模型的步骤。
42. 权利要求 40 的方法, 该方法还包含通过一个用户接口, 从多个模型格式中选择出一个模型格式, 从这种模型格式产生出所述第二模型结构的步骤。
- 20 43. 权利要求 42 的方法, 其中所述的多个模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。
44. 一个管理制造加工的逐次运行控制监控站, 包含:
- 25 一个接收来自多个计量工具的测量数据的接口, 其中每个计量工具拥有一个对应的加工工具;
- 一个控制模型, 把来自一个计量工具的计量数据与在制造过程中的下一个加工工具的目标设定点关联起来;
- 另外的控制模型, 用于控制反馈控制回路中的所述下一个加工工具
- 30 的操作; 和
- 一个存储器, 所述存储器存储用于控制多个加工工具操作的多个输出控制变量; 以及

至少一个处理器用于执行一个或多个加工,以便通过调节输出控制变量来控制计量工具,该调节是依据接收到的计量数据和一个或多个控制模型进行的,所述的控制模型是从储存在所述存储器中的多个模型格式中选择出来的,其中为响应将控制模型施加到所接收的计量数据修改用于控制下一个加工工具的一个或多个控制变量。

45. 权利要求 44 的监控站,其中为每个加工工具单独地选择一个控制模型,根据为某一个具体加工工具所选的控制模型,每个控制模型把接收到的一些或所有的计量数据和这种具体加工工具的输出控制变量关联起来。

46. 权利要求 45 的监控站,该监控站还包含多份变量参数表,所述每个加工工具一份,存储在存储器中,该变量参数表集体地关联于一个制造加工工作程序。

47. 权利要求 46 的监控站,其中每个控制模型都把接收到的计量数据中的一些或全部和该控制模型所对应的加工工具的变量参数表之一的一个或多个变量关联起来,由此为响应接收到的计量数据,按照控制模型对所述变量作出修改。

48. 权利要求 47 的监控站,其中每个变量参数表的全部或一部分在所对应的加工工具操作前被下载到该加工工具,且其中为响应接收到的计量数据而被修改的变量自动地下载到加工工具,无需用户介入。

49. 权利要求 44 的监控站,其中所述的控制模型格式包含反馈控制模型。

50. 权利要求 49 的监控站,其中所述的控制模型格式包含前馈控制模型。

51. 权利要求 44 的监控站,其中所述的控制模型格式包含联合反馈控制模型和前馈控制模型。

52. 权利要求 51 的监控站,该监控站还包含一个与所述反馈控制模型相关联的目标设置点,所述监控站根据前馈控制模型的输出调节该目标设置点。

53. 权利要求 44 的监控站,该监控站还包含一个用户接口,用于从可获得的控制模型格式中为每个加工工具选择控制模型。

54. 权利要求 44 的监控站,其中所述的控制模型格式包含一个线

性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

55. 权利要求 44 的监控站,该监控站还包含一个接口,用于从一个外部插入单元接收控制模型格式中的一个或多个。

56. 权利要求 44 的监控站,其中每个变量参数表的全部或一部分
- 5 在所对应的加工工具操作前被下载到该加工工具,且其中为响应接收到的计量数据而被修改的变量自动地下载到加工工具,无需用户介入。

用于微电子学器件生产的逐次运行控制器

发明背景5 1) 发明的领域

本发明的领域涉及微电子线路生产，更具体而言，涉及控制微电子线路生产加工的方法和器械。

2) 背景

10 微电子线路和/或元件，例如由半导体晶片制成的线路/或元件的质量，直接依赖于其生产中的加工一致性。更具体而言，这种线路和/或元件的生产要求可重现性的刻蚀、沉积、扩散和清洁加工。不能把加工持续控制在定义的制造公差以内将导致生产设施的减产及效益的降低。

一个典型的情况是，制造加工呈现缓慢的漂移，这种漂移使得产
15 品的性质从一批到另一批有所改变。这些效应常常是由于一个或多个加工工具在不同批产品的加工时间内操作的微量变动引起的。此外，在大规模操作中，为了加工并行批量的产品，多个同类型的加工工具可能都执行同样的加工操作。通常采用同一个加工工作程序(processing recipe)同时控制多个类似加工工具的操作。然而，和其它一些类似加工工具加工的产品相比，一个具体工具加工时对工作程序参数的响应
20 方式，使较小的变动可以剧烈地影响最终产品的性能。

传统上，这个问题一直由操作人员采用统计加工控制(SPC)概念人为处理。更具体而言，操作人员对个别工具执行加工工作程序生产出的产品进行监督，并纠正下一轮产品的工作程序。可是在许多情况
25 下，可以列出几百种加工工作程序。这样一来，对加工漂移进行监督并对工作程序进行人工调节可能很费时间，容易产生误差，且准确度差。

在商售的或内部开发的SPC软件包中，一个常见的监视批加工的方法是利用 $\bar{x}/s$ 或 $\bar{x}/r$ 绘图。在正常情况下，分散的加工数
30 据通常处于自动监控中，由一套规则(例如 Western Electric 规则)判定该加工是否“在控制范围内”。一个数据点一旦被判定超出控制范围，就需要进行人工调查和调节。为了补偿逐次运行变动造成的加

工设备漂移，要进行的这种调节的百分比是大的。遗憾地是，有许多问题都要根据 SPC 图采用人工调节。一个典型的晶片加工厂可能有 2500 个在线 SPC 图。如果用上所有的 Western Electric 规则，并且如果每天每个图上只加两个新数据点，估计一天平均会有 82 个虚假报警。由于在这种情况下所报告的错误绝对幅度小，只有那些偏离最显著的加工才被保留。然而在有些情况下，相反的做法却是正确的，过多地注重于一张图，将导致一些数据点的过分调节，这又反过来引起一些加工的“共鸣(ringing)”。于是在各班次加工之间或个别加工中可能引起额外的加工变动，因为它们都试图抵消相互的加工调节，造成问题。

本发明人已经认识到前述问题，并已开发出一个先进的适用于微电子线路生产设施的逐次运行控制器。

发明概述

本发明的第一个方面提供了一个控制制造加工的逐次运行控制系统，该系统包含：多个加工工具；多个计量工具，用于监视所述加工工具的操作，每一个计量工具适合从对应的加工工具获取计量数据；以及监控站，所述监控站包含：一个接口，用于接收来自所述每一计量工具的计量数据；一个存储器；多份变量参数表，所述每一加工工具一份，储存在所述存储器中，该变量参数表集体地关联于一个制造加工或工作程序，每个变量参数表在所对应的加工工具操作之前被下载到相应的加工工具；以及至少一个模型结构，该结构把从前面的计量工具接收到的计量数据和随后的加工工具的目标设定点关联起来，和另外的模型结构，该另外的模型结构适合控制在反馈控制回路中随后加工工具的操作，其中为了响应对接收到的计量数据的施加，按照所述至少一个模型结构修改一个与随后的加工工具相关联的随后的变量参数表中的一个或多个变量。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中，所述的至少一个模型结构包含一个反馈控制模型。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中，所述的至少一个模型结构包含一个前馈控制模型。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中，所述的至少一个模型结构同时包含一个反馈控制模型和一个前馈控制模型。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,所述的监控站还包含一个与所述反馈控制模型相关联的目标设置点,所述监控站根据前馈控制模型的输出调节该目标设置点。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,该控制系统还包含一个用户接口,用于选择一个或多个模型格式,从这些模型格式产生出所述的至少一个模型结构。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,所述一个或多个模型格式可以交互式地从多个预先定义的模型格式中选择,所述的预先定义的模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,采用记忆消失最小二乘算法从实验数据确定所述至少一个模型结构的模型参数。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,所述至少一个模型结构是通过死区非线性增益调节的用户可调节结构。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,所述的至少一个模型结构可以由用户定义为最小二乘适配的、梯度适配的或无适配的。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,至少一个模型结构的加工干扰及模型完整性度规由所述的用户接口显示。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,至少一个模型结构的模型参数在运行之间是用户可调的。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,所述的至少一个模型结构包含一个多输入、多输出模型。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,该控制系统还包含一个用于从外部插入单元接收至少一个模型结构的接口。

在本发明第一方面的逐次运行控制系统的一个改进中,为响应所述接收到的计量数据而被修改的所述变量自动地下载到该加工工具而无需用户介入。

本发明的第二个方面提供了一种控制制造加工的方法,该方法包括下列步骤:

(a) 在各个工具操作之前从多个变量参数表中将变量下载到多个

加工工具;

(b) 按照下载的变量对加工工具进行操作;

(c) 在监控站接收来自监视所述加工工具操作的多个计量工具的计量数据;

5 (d) 将该计量数据应用到至少一个模型结构, 该模型结构将所述计量数据和所述变量关联起来, 所述变量包括用于下一个加工工具的目标设定点并由此产生一个输出; 以及

(e) 更新一个或多个所述变量参数表以响应所述输出, 并利用与在反馈控制回路中的下一个加工工具相关联的模型结构控制所述下一个加工工具的操作。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 重复步骤(a)到(e)以实现这种制造加工的逐次运行控制。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 步骤(d)包含将所述计量数据应用到一个反馈模型的步骤。

15 在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 步骤(d)包含将所述计量数据应用到一个前馈模型的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 步骤(d)包含将所述计量数据既应用到一个反馈模型也用到一个前馈模型的步骤。

20 在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 步骤(c)包含将所述计量数据从所述计量工具自动传送到所述监控站的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 该方法还包含为至少一个模型结构设置一个目标设置点的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 步骤(e)25 包含为响应输出和目标设置点之间的比较, 对一份或多份变量参数表进行调节的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 每一份变量参数表都严格地和所述加工工具中的一个相关联。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 每一个计量30 工具的都严格地和所述加工工具中的一个相关联。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 该方法还包含通过一个用户接口交互式地从多个预先定义的模型格式中选择所

述的至少一个模型结构的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中,所述的预先定义的模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

- 5 在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中,该方法还包含由实验数据利用记忆消失最小二乘算法为所述的至少一个模型结构确定模型参数的步骤。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中, 该方法还包含在运行之间为所述的至少一个模型结构调节模型参数的步骤。

- 10 在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中,所述的至少一个模型结构可以由用户定义为最小二乘适配的、梯度适配的或无适配的。

在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中,该方法还包含在用户接口处显示加工干扰及模型完整性度规的步骤。

- 15 在本发明第二方面的控制制造加工方法的一个改进中,所述的至少一个模型结构包含一个多输入、多输出模型。

- 本发明的第三方面提供了一个控制制造加工的逐次运行控制器,该逐次运行控制器包含: 一个第一加工工具; 一个第一计量工具, 用于获得来自第一加工工具的计量数据; 一个第二加工工具; 一个第二计
20 量工具, 用于获得来自第二加工工具的计量数据; 以及一个监控站, 所述监控站包含一个接收来自第一计量工具的计量数据的接口; 以及一个第一模型结构, 它把来自第一计量工具的计量数据和第二加工工具的目标设置点关联起来; 一个第二模型结构, 用来在一个反馈控制回路中控制第二加工工具的操作; 以及一个第一加工工具的变量参数
25 表和一个第二加工工具的变量参数表; 其中第一变量参数表的全部或一部分, 在第一加工工具操作前被下载到第一加工工具, 其中第二变量参数表的全部或一部分, 在所述第二加工工具操作前被下载到该第二加工工具, 以及其中在第二变量参数表中修改一个或多个变量以便对第一模型结构应用于所接收的计量数据进行响应。

- 30 在本发明第三方面的逐次运行控制器的一个改进中,为了保持第二加工工具在所期望目标点的操作, 所述监控站对第二变量参数表中的各参数进行调节以响应来自第二计量工具的计量数据。

在本发明第三方面的逐次运行控制器的一个改进中，该控制器还包含一个接口，用于从一个外部插入单元接收第一模型结构或第二模型结构，或第一和第二模型结构两者。

5 在本发明第三方面的逐次运行控制器的一个改进中，该控制器还包含一个用户接口，用于选择多个预先定义的模型格式中的一个，从这种模型格式产生出所述第一模型结构。

在本发明第三方面的逐次运行控制器的一个改进中，其中所述的多个预先定义的模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

10 本发明的第四方面提供了一种控制制造加工方法，该方法包括下列步骤：

(a) 获得来自第一计量工具的有关第一加工工具的计量数据；

(b) 将计量数据应用到第一模型结构，第一模型结构使所述计量数据和第二加工工具的目标设置点关联起来并利用第二模型结构控制
15 所述反馈控制回路中的第二加工工具的操作；

(c) 修改第二加工工具的变量参数表中的一个或多个变量以响应将第一模型结构施加到所接收的计量数据。

(d) 将所述一个或多个被修改的变量下载到第二加工工具；

(e) 按照下载的变量操作第二加工工具。

20 在本发明的第四方面的控制制造加工方法的一个改进中，重复步骤(a)到(e)以实现这种制造加工的逐次运行控制。

在本发明的第四方面的控制制造加工方法的一个改进中，该方法还包含以下步骤：获得来自第二计量工具的有关第二加工工具的计量数据；将来自第二计量工具的计量数据应用到第二模型结构，使来自第
25 二计量工具的计量数据和第二加工工具的目标设置点关联起来，以及修改第二加工工具的变量参数表中的一个或多个变量；

在本发明的第四方面的控制制造加工方法的一个改进中，将来自第二计量工具的计量数据应用到第二模型结构的步骤，包含将来自第二计量工具的计量数据应用于一个反馈模型的步骤。

30 在本发明的第四方面的控制制造加工方法的一个改进中，该方法还包含通过一个用户接口，从多个模型格式中选择一个模型格式，从这种模型格式产生出所述第二模型结构的步骤。

在本发明的第四方面的控制制造加工方法的一个改进中，所述的多个模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

- 5 本发明的第五方面提供了一个管理制造加工的逐次运行控制监控站，该监控站包含：一个接收来自多个计量工具的测量数据的接口，其中每个计量工具拥有一个对应的加工工具；一个控制模型，把来自一个计量工具的计量数据与在制造过程中的下一个加工工具的目标设定点关联起来；另外的控制模型，用于控制反馈控制回路中的所述下一个加工工具的操作；和一个存储器，所述存储器存储用于控制多个
- 10 加工工具操作的多个输出控制变量；以及至少一个处理器用于执行一个或多个加工，以便通过调节输出控制变量来控制计量工具，该调节是依据接收到的计量数据和一个或多个控制模型进行的，所述的控制模型是从储存在所述存储器中的多个模型格式中选择出来的，其中为响应将控制模型施加到所接收的计量数据修改用于控制下一个加工工具的一个或多个控制变量。
- 15

在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中，为每个加工工具单独地选择一个控制模型，根据为某一个具体加工工具所选的控制模型，每个控制模型把接收到的一些或所有的计量数据和这种具体加工工具的输出控制变量关联起来。

- 20 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中，该监控站还包含多份变量参数表，所述每个加工工具一份，存储在存储器中，该变量参数表集体地关联于一个制造加工工作程序。

- 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中，每个控制模型都把接收到的计量数据中的一些或全部和该控制模型所对应的加工工具的变量参数表之一的一个或多个变量关联起来，由此为响应接收到的计量数据，按照控制模型对所述变量作出修改。
- 25

- 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中，每个变量参数表的全部或一部分在所对应的加工工具操作前被下载到该加工工具，且其中为响应接收到的计量数据而被修改的变量自动地下载到加工工具，无需用户介入。
- 30

在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中，所述的控制模型格式包含反馈控制模型。

在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中,所述的控制模型格式包含前馈控制模型。

在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中,所述的控制模型格式包含联合反馈控制模型和前馈控制模型。

- 5 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中, 该监控站还包含一个与所述反馈控制模型相关联的目标设置点, 所述监控站根据前馈控制模型的输出调节该目标设置点。

- 10 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中, 该监控站还包含一个用户接口, 用于从可获得的控制模型格式中为每个加工工具选择控制模型。

在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中,所述的控制模型格式包含一个线性模型格式、一个二次方模型格式和一个三次方模型格式。

- 15 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中,该监控站还包含一个接口, 用于从一个外部插入单元接收控制模型格式中的一个或多个。

- 20 在本发明第五方面的逐次运行控制监控站的一个改进中,每个变量参数表的全部或一部分在所对应的加工工具操作前被下载到该加工工具, 且其中为响应接收到的计量数据而被修改的变量自动地下载到加工工具, 无需用户介入。

本发明在一方面提供一个先进的用于微电子线路生产的逐次运行控制器。

- 25 在一个实施方案中,一个先进的,用于控制制造加工的逐次运行控制器包含一套加工工具,一套在加工工具上进行计量测量的计量工具, 和一个管理、控制加工工具的监控站。监控站包含一个接口, 用于接收计量工具测量的数据; 和一系列可变参数表, 每一个可变参数表用于一个加工工具, 这些可变参数表集体地关联于制造加工的工作程序。监控站还包含一个或多个内部模式, 这些模式使收到的计量数据与一个加工工具的一个或多个变量联系起来, 它们还可以修改储存在可变参数表里的变量, 采用反馈和/或前馈控制算法来控制加工工具。
30 在某些实施方案中, 前馈控制算法可以用于调节闭环反馈控制的加工目标。

在一个优选实施方案中，监控站有一个用户接口，利用这种接口，可以根据该系统实验的或预估的行为交互地选择不同的反馈或前馈模型格式（单一或多个-变量），而且该监控站还允许用户利用他们自己的模型进行逐次运行控制。

5 本说明书还叙述了进一步变动、修改和选择的实施方案。

附图简述

图 1A 是执行本发明逐次运行控制器的一个硬件平台的示意框图。

图 1B 是执行本发明逐次运行控制器的另一个硬件平台的示意框图。

10 图 2 是执行本发明逐次运行控制器的软件成分的一个实施方案。

图 3 和 4 示出了本发明逐次运行控制器在湿法氧化物沉积加工应用范例中的实行结果。

图 5 示出了逐次运行控制加工中与各种加工工具相关联的可变参数表（VPTs）的更新框图。

15 图 6 是根据本说明书所述的一个优选实施方案的逐次运行控制加工流程方框图。

图 7 示出了一个优选可变参数表（VPT）的内容。

图 8 是由另一个视点去阐明图 6 的逐次运行控制加工的加工流程图。

优选实施方案详述

20 本说明书宣布了一个先进的逐次运行控制器（ARRC）系统，该系统提供一个正式方法的工作程序调节用以补偿逐渐的加工漂移和/或上游加工变动。这种功能有助于大大减少加工维护和调节所需的工程时间。

25 图 1A 宣布的是一个加工平台结构的实施方案，能用于公开 ARRC 系统的实施。在所示实施方案中，该平台结构概括地用 20 标示，它包含一个生产监控工作站（FSW）25，一个或多个设备监控工作站（ESW）30，一个或多个加工工具 35，以及一个或多个计量工具 40。

30 FSW 25 监视并控制微电子生产设施的全面操作。一个或多个操作员可以监视整个生产设施所用的全部或大部分工具的操作。根据 FSW 25 所监视的操作，操作员可以对各套工具进行控制，并进而指导一套或多套工具在产品生产中所用的加工工作程序。

图 1A 的 45 概括地標示出一套设备工具。这套设备工具 45 包括一个或多个加工工具 35，它们与一个共用的 ESW 30 连接以进行双向通信联系。这些加工工具 35 一般都是同一类型工具。例如，所有的加工工具 35 可能都是炉子。可是应该看到，加工工具 35 也可能包括不同类型的工具，这些工具根据生产最终产品的工件所要执行的加工类型分类。

对 ESW30 作了优选配置，以接受来自 FSW 25 的加工工作程序并对加工工具 35 在执行加工工作程序过程中进行指导。在加工工具 35 都是同一类型工具的情况下，FSW 25 可以向 ESW 30 提供一个单一的加工工作程序，所有的加工工具 35 在平行的批加工中都使用该工作程序。或者，在加工工具 35 可能是同类型、或者也可能是不同类型工具的情况下，ESW 30 可以为一个或多个加工工具 35 接收不同的工作程序。

加工工具 35 不仅要承受逐次运行执行单一工作程序情况下工具内 (intra-tool) 随时间的偏差，而且要承受多于一个工具执行一个单一工作程序的工具间偏差 (inter-tool deviation)。因此，ESW 30 包括一个和加工工具 35 中每一个工具相关联的可变参数表 (VPT)，例如，如图 5 所阐明的那样。VPT 37 包括一个给定的加工工具在执行加工工作程序中所采用的参数。VPT 37 的参数是根据所联系的工具 35 的具体特性得出的，因此同类型的工具间常常有所差别。通常，每一个生产加工包含一个或多个工作程序（每一步加工一个工作程序），而每一个工作程序将用于一个或多个加工工具 35，每一个加工工具 35 都有一个用于所有加工工作程序的 VPT 37。

VPT 的参数是根据它所联系的加工工具在实行具体加工中的计量数据进行计算和更新的。图 1A 以实例说明，为达到这个目的，采用一个或多个计量测量单元 40 接收一个或多个来自相应工具 35 的工件，并测量由加工工具 35 加工的这些工件的物理特性。在所列举的实施方案中，利用了一个多重计量测量单元 40a - 40d，每一个计量测量单元分别与加工工具中的一个相关联。应该看到，这种一一对应并不是绝对需要的。相反，取决于所用的具体的加工工具，为了节省投资和空间，一个或多个加工工具 35 可能采用一个单一的计量测量单元。

在操作中，如图 5 所示，微电子工件 36 由每一个加工工具 35 传

送到相应的计量测量单元 40。线段 50 所表示的这种传送可能包括工件 36 的自动或人工传送。每一个计量测量单元 40 都被设计用来测量和它联系的加工工具 35 所加工的工件 36 的一个或多个物理的和/或电的特性。然后，测量数据再通过，例如，通信总线 55 或其它数据传输线，
5 传给 ESW30 使用。一旦计量测量单元 40 提供了该测量数据，ESW30 便可能为计量测量单元 40 所测的工件 36 的具体加工工具 35 进行 VPT 37 的更新。

图 1B 示出另一个系统结构，该系统结构能用于至少使用 ESW 30a 和 30b 两个设备监控工作站的情况。最好第一个 ESW 30a 与一个或多个加工工具 35 联系，而第二个 ESW 30b 则优选地用于控制一个或多个
10 计量测量单元 40。第二个 ESW 30b 通过通信总线 60 或其它数据传输线将计量数据传送给第一个 ESW 30a。ESW 30a 接收到的计量数据又被用来计算和/或调节与加工工具 35a-35d 相关联的 VPT 37 的参数。

本先进的逐次运行控制器 (ARRC) 系统优选地提供一个正式的计量方法，用于工作程序调节以补偿逐渐的加工漂移（反馈控制）及上游加工变动（前馈控制）。除此以外，还可以使用其它操作控制模式，
15 例如，本文后面叙述的，如图 6 所示的联合反馈/前馈控制和可调反馈控制模式。在每一个情况下，其功能都可显著地减少加工维护和调节所需的工程时间。

在反馈控制的情况下，ARRC 系统根据从当前加工测出的加工结果，通过所有的 VPT（例如，图 5 所示的 VPT 37）参数优选提供工作程序的自动调节。这种自动调节有一部分是通过利用以往的经验，基本原理，或一项实验设计的测量进行加工的模型化完成的。利用这样一个模型，控制器可以作出智能化的决定，如为了保持合适的加工目标
20 需要通过 VPT 改变工作程序中的哪些变量。

在前馈控制的情况下，ARRC 系统能利用前一步加工的计量测量调节加工目标或某个加工变量（工作程序参数）来校正加工序列中的上游问题。这是根据两次加工测量之间的关系或以往加工中的一次加工测量与当前加工中的一个工作程序参数之间的关系作出的经验模型完成的。
30

图 2 说明了一个示例性的软件框架，该软件用于计量信息的交换以及计算/更新 VPT 表 37 中的各种参数（见图 5）。图 2 所示的 ARRC

系统最好设计成充分利用采用一个标准化接口，如 CORBA，的通信构架。这种构架允许在配有 FSW 的各 ESW 之间或不配有 FSW 的各 ESW 之间进行计量信息交换，因为计量要求优选地包含 CORBA 目标。所有的计量信息还可在当地储存到与加工工具相关联的 ESW 中，在前馈控制的情况下还可以通过通信构架由其它任何 ESW 存取。在这种情况下，计量并不储存到 FSW，因而可以避免单个点的失效。

现在将对计量获取、储存和维护作更详细的说明，然后再详细描述利用计量数据进行逐次运行控制。

由于各种原因，计量数据（即，各种加工测量）的获取可能并不容易。比如，具体的计量测量单元可能不能进行外部通信。在这种情况下，必须利用人工输入加工结果。但人工输入冗长乏味，对数据输入误差高度敏感，并不是系统获得计量信息的优选方式。这样一个系统在执行中的另一个障碍是不能及时地获取加工测量。最后一轮结果大约需要一小时到几天才可能得到，或者才能被 ESW 用上。因为每一个生产设施对加工结果采用不同的方式储存和分析，所以向每一位顾客提供一个标准接口，而不必书写特殊的代码来获取这种信息确实具有挑战性。图 2 描绘的软件结构是为了克服或减轻所述障碍而设计的。下面将对每一个功能模块加以描述，因为它们与计量获取、储存和维护有关。

由图 2 可见，计量代理器 70 的作用是管理 ARRC 控制器 75 提出的所有计量获取请求。ARRC 控制器 75 提出的每项计量获取请求都与一个说明计量结果获取方法的计量图相关联。计量信息一旦被获取，便连同日期、时间、工具、MiniSpec、批识别标志及运行次数编号储存在一个计量数据库 85 中。在这一切发生后，原请求的 ARRC 控制器 75 也将被告知计量结果已被获取

计量图是一个传输媒介，它不仅容许用户定义加工测量发表的格式，而且还容许用户定义它们的获取方法。用户可以定义晶片数目和位置（加工测量地点）以及为计量点定义某些更特殊的名称。

在计量图中可以采用和说明各种不同的自动方法以获取加工测量结果。参照图 2，这些自动方法例如包括以下一些：

GEM 接口 90 —— 一个标准化的 GEM 接口可以被提供用来把各种加工测量传送到高性能的数据库中并把这些测量提供给 ARRC 系

统。这种方法一般要求生产设施的用户写出定制的代码，使他们的加工测量数据库接口到诸如一个 ESW 这样的监控工作站。

5 CIM 构架 (CORBA 接口) 95 —— 这种接口和各加工测量工具一起，或和一个依从 Sematech APC 构架的数据库一起提供给顾客。对 CIM 构架 95， ESW 30 向 CORBA 的一个目标约定，在加工测量被测出后便自动获得该测量结果。

10 ESW 计量工具接口 100 —— 这种接口是提供给生产设施的用户，这些用户想把 ESW 直接连上计量工具以进行逐次运行控制。

15 SMC 结果 —— 这种接口容许和一个统计机器控制 (Statistical Machine Control) 连锁应用，利用设备的实时测量提供自动错误探测。由这种应用作出的计算一般能够作为实时传感器的测量提供给 ARRC 系统。

20 除所述自动的计量获取方法外，该 ARRC 系统还可以利用一个人工计量输入接口 105。这里，为那些不具有中心化 SPC 数据库的生产设施或那些具有的是无外部通信联系能力的加工测量工具的生产设施提供一个用户接口，用以人工输入计量工具的各种加工测量数据。尽管通常这并不是获取计量数据的最有效的方式，但这种功能对于某些用户特别有用，这些用户没有资源将 GEM 或 CORBA 依从接口编码，将它们和计量工具或 SPC 数据库之间建立联系，而他们又希望 ARRC 系统的功
25 能仍然有效。

30 最好，人工计量输入接口 105 容许用户选择一个开放计量请求，而后最好在 Unix® 环境下输入新数据。用户接口窗口最好包含一个可下拉的开路请求单，显示每个请求的以下信息：日期、时间、工具、批识别标志以及工作程序名称。因为可能有大量的开放计量请求，所以可利用下面三个区域使搜寻范围缩小：工具、工作程序名称和批识别标志。可以在任何名称或部分名称后面加一个星号作为输入，以自动过滤出有效的选择。对于一个具体请求，全部信息值输入之后，ARRC

控制器 75 将收到该数据获取的通知，并能够对该数据进行相应的处理。

5 计量数据库 85 的形式最好为专有的平面文件数据库，虽然也可以代之以其它数据库结构（例如，相关数据库）。计量数据库 85 用于储存和维护加工测量结果。这些数值通常不储存在 ESW 30 的标准数据库中，因为常常需要储存比标准 ESW 数据库中储存的实时加工数据量级长 10 倍的测量信息。最好使大量的加工测量可以用于加工的统计分析以及用于稳健加的模型化。计量数据库 85 还可以分别提供数据库清除和维护运行两项操作。

10 每个 ESW 30 可以包含一个像亚利桑那州凤凰城的 SEMY Engineering, Inc. 公司所用的那种设备监控工作站。在这种工作站中逐次运行功能的集成可能需要在已有的 ESW 软件中增加几个联接 (hook)。实施最好通过将逐次运行控制方法 110 与 VPT 中定义的数值相关联。这种关联加工容许用户对每一个单独工具定义工作程序中的
15 各可调变量。

加工工具 35 和 ESW 之间的相互作用由工具服务器 115 所控制。服务器 115 又和 ARRC 控制器 75 相互作用。

ESW 30 可以提供一个到 VPT 的可视访问，包括显示各个参数、可见的最小和最大极限、每步进的最大改变、每个参数的存取电平以及
20 注明单位的参数类型（见图 7）。如此，ESW 30 为 VPT 增添一个接口，该接口容许用户选择每个可变参数的计算/更新方法。这样，如果愿意，用户就可能为每个参数规定一个特定的逐次运行控制算法。每一个 VPT 参数都被标明下列 ARRC 调节方法之一：单纯反馈、可调反馈、联合反馈/前馈、单纯前馈或无反馈。在一个优选的 ARRC 系统中，每
25 种调节方法都有四种可能的调节模式。它们是：

自动 —— 这种模式将根据模型和控制器的推荐自动改变可变参数的数值。

人工验证 —— 这种模式将要求操作员批准推荐的可变参数的变化
30 值。

人工 —— 这种模式将从加工模型及控制器预估出加工的结果，但不对可变参数进行调节。这种模式在不影响加工的情况下对模型的

可用性进行检验是很有用的。这种模式还容许操作员人工地批准并推荐出参数变化的数值。这种操作模式的目的在于，容许操作员在进行自动调节之前用加工模型和控制器进行调节，使工作变得轻松自如。

- 5 数据采集 —— 这种模式只用来获取前馈加工所要求的加工测量数据，在这种前馈加工中，上游加工工具和一个 ESW 连接，而没有定义反馈控制器。

ARRC 控制器 75 和工具服务器 115，ARRC 方法 110，计量数据库 85
10 和计量代理器 70 相互作用。计量数据库 85 通过计量代理器 70 接收到加工测量结果的同时或以后，对 ARRC 方法 110 进行的离线加工处理是一个背景软件加工。离线加工处理有助于避免在下载调节工作程序之前对 ARRC 计算或获取加工测量可能造成的延迟。

现在将对逐次运行控制方法作进一步叙述，必要时可参考图 6 的框
15 图。正如上面指出的，有许多装置可以用于计量数据的获取和计量图的产生。作为实例可以举出，自动得到加工测量结果的方法包括利用一个标准化的 GEM 接口 90，一个 CIM 构架 (CORBA) 接口 95，或一个 ESW 计量工具接口 100。ARRC 系统也可能利用一个人工计量输入接口 105。由这些计量获取技术得到的信息被送给一套计量图 205。正如上面指出的，计量图是一个传输媒介，它不仅容许用户定义加工测量发表的格式，而且还容许用户定义它们的获取方法。利用计量图 205，用户
20 可以，例如，定义晶片数目和位置 (加工测量地点) 以及为计量点定义某些更具体的名称。

在运行一次加工之前，无论是反馈还是前馈 (或两者)，用户先为
25 ARRC 系统所用的各加工参数设置控制点，如图 6 中控制点定义步骤 207 所示。设置控制点是一个较大机制的一部分，用户还通过该机制定义加工模型 (特别是对各种反馈方法)，对选择的各 VPT 参数定义适配的算法。控制点定义的提供，容许用户把单个计量图所定义的任何或全部加工测量结合为单一数值，逐次运行控制计算利用该数值对加工
30 进行计量。为了这个目的，用户首先为控制点定义选择一个计量图。类似于微软 Excel 的一个表格编辑器可能提供来让用户将任何或全部数值结合为单一数值。除了提供特殊的统计运算，诸如平均、标准偏

差、中值和量程外，所有典型的数学运算都可优选地使用。用户可以从计量图定义的列表上挑选每一个测量形式。

- 5 半导体加工的模型化涉及的范围可以从一些非常复杂的偏微分方程组到两个加工变量间的简单关系。不过大部分控制系统都可以有效地利用各种简单模型来描述一些现象，这些现象正是它们控制的主体，因为复杂的模型通常会增加计算要求，从而使系统性能变慢。

- 10 为了给用户提供一个加工可能性的灵活范围，有多个 ARRC 模型 110（即，模型格式）可供用户对加工进行模型适配或递归和控制。最佳的模型格式可以根据经验来决定，例如，用初始“黄金数据组”来定出。为此，用户可以用人工方式输入加工测量的黄金数据组矩阵，并对各变量进行控制。采用这种实验性的加工数据，可以利用最小二乘法系统鉴别算法来定出模型参数。为了量化该模型的质量，可以显示出加工干扰和模型完整性的度规(integrity metrics)。为了让用户对该模型的可靠性有所判断，根据模型对实际现象预计的符合程度，15 还将向用户提供置信水平指示。全面的模型选择过程可以是一个迭代过程，在这个过程中用户要尝试几种模型结构以后才能找到一个准确代表该加工的模型。

- 20 在一个实施方案中，模型适配利用一个改进的记忆消失(fading-memory)最小二乘算法加上死区和参数约束。这种改进加上对参数的全面或部分调节的能力，目的在于减轻由于估计漂移带来的潜在问题。为了确定全部模型参数，例如，正规生产数据，当用于估计的输入-输出数据未提供足够的信息（扰动）时，就会产生这种问题。基本的控制算法可能是用于解非线性方程的梯度牛顿(gradient-Newton)类。牛顿算法在解的附近具有很好的收敛性质，但却对干扰敏感。为此，25 这种算法利用“死区”非线性增益调节优选地得以改进，使用户调节它对干扰的灵敏度。这种改进的主要优点是，它对大的干扰响应快，但并不增加稳态方差。还可以用较高阶的控制器来补偿严重的加工漂移。缺省的各控制参数是根据该模型及输入-输出数据组自动计算出的。这些参数完全可由用户全面调节以精化控制行动。还提供一个生产30 计量工具模拟器进一步帮助用户在进行实际加工测试运行前将反馈控制器的操作可视化，并学习如何通过调节各控制参数达到要求的行为。

在现有的一个优选实施方案中,向用户至少提供以下模型结构或模型格式选择以供迭代选择:线性的(2 参数模型——即,斜率和 y-截距)、平方的(3 参数模型)及立方的(4 参数模型)。这些模型可以是单输入,单输出(SISO)或者是多输入,多输出(MIMO)。连同选择适配参数能力(即,在保持斜率不变的同时将 y-截距向上或向下移动),这些模型也可以定义为最小二乘适配的、梯度适配的或无适配的。适配模型根据收到的当前计量信息自动改变模型参数以自动补偿加工漂移。可以利用一个递归控制器控制稳态模型的加工。使用,例如, MATLAB,还能提供一个外部插入能力(见图 6 中模型/控制器插入 221),容许用户定义他们自己的模型、适配算法和控制器。

此外,在一些模型已经适配了一段时间的情况下,还可以再恢复由“黄金数据组”创建的“黄金模型”。这种恢复可以应用防止维护(Preventative Maintenance)予以自动触发。

反馈方法通常不仅提供加工规格定义的最大和最小规格极限,而且还提供想要的加工目标。最小和最大计量测量极限有助于保护系统,防止使用虚假测量。如果有一个或多个计量值超出极限,系统可以由程序判定使用或舍弃这种个别计量值。此外,如果计量数据超出预定范围的最大值时,系统可以根据由程序控制判定所有的信息无效而将其舍弃。

同样,ARRC 系统可以根据探测到的虚假计量值的数目,由程序实施警告和/或停止极限。在超出停止极限的情况下,该工具以后的所有运行,例如,就可能被堵塞或者向用户发出一个警告。在警告的情况下,用户可能被告之虚假计量值的数目已超额,警告可能被登录到审计追踪文件中。如果 VPT 中的一个可变参数值超出了它本身预先设定的最小或最大极限,则可能定义停止加工或直接将该可变参数值调到最小或最大极限,不论哪一个最靠近出界值。

由于在某些情况下,可能根本就获取不到计量,可以定义一个警告极限,警告用户计量获取存在某种错误(测量工具已关闭、SPC 数据库失效、网络工作故障等)。可以利用停止或超时极限以阻止以后的所有运行或不再应用逐次运行控制。

如本文前面所指出的,这种 ARRC 系统优选提供工作程序调节方法以补偿逐渐的加工漂移(反馈控制)和上游加工变动(前馈控制),

还可提供其它一些操作控制模式，比如，联合反馈/前馈控制及可调反馈控制。在反馈控制的情况下，如图 6 所示，利用从控制点定义 207 得到的加工结果，根据内部模型/控制器结构或模型/控制器插入 220，来实施反馈控制算法 220。在应用反馈控制算法 220 以后，如图 6 中的
5 下一步骤 225 所示，ARRC 系统通过 VPT 37 根据加工结果得到的所有参数优选提供工作程序的自动调节。

还提供了对虚假计量的进一步防范，这和上一轮工具加工后相隔的时间有关。在关于具体工具上经过了相当长时间一直没能启动运行的加工的情况下，这种防范虚假计量的方法是特别有用的。该工具从进
10 行上一轮其它加工后，如果经过了预先设定的一段时间，则可能由于加工工具随时间发生了变化，上一轮所采用的模型已不再适用了。

从操作的观点看来，当工具服务器 115（见图 2）收到即将由加工工具 35 中的一个或多个工具执行的一份加工工作程序时，“纯反馈”加工便开始了。在下载一份工作程序后，工具服务器 115 通知 ARRC 控
15 制器 75，在一轮加工运行完成时期望进行的加工测量，并进而提出相关的 ARRC 各方法 110 中哪些将被采用来更新 VPT。如果预先设定的条件在这种 ARRC 方法中是被违反了，则可能采取阻塞继续下载的措施。拒绝阻塞通知最好要求安全。

工具服务器 115 或 GEM 主接口将自动通知 ARRC 控制器 75，已经下
20 载了一份工作程序给工具，并有一些相关的 ARRC 方法。ARRC 控制器 75 监视加工事件的开始和结束，并保证在运行期间不会出现中止情况。一旦确定加工运行顺利完成，便从 ARRC（各）方法 110 中选出计量图（各）定义以确定应该期望得到什么样的加工结果。一旦收到加工结果，便在这种背景下对 ARRC（各）方法 110 进行计算。如果 ARRC
25 方法 110 要对一个 VPT 参数进行改动，则需要用户批准，所有改动在得到批准前都储存在一个临时文件中。否则，VPT 改动将自动进行。

在前馈控制情况下，ARRC 系统可以利用前一步加工的计量测量或者对加工目标，或者对一个加工变量（工作程序参数）进行调节，以校正加工顺序中上游的问题。为了实现这类调节，要求两次加工测量
30 之间的关系，或者从一次过去加工所作的加工测量和一个当前加工的工作程序参数之间的关系都根据经验进行模型化。

从实施和配置的观点看，ARRC 前馈方法和 ARRC 反馈方法是非常相

似的。一般而言，ARRC 前馈方法可以被描述为退化的 ARRC 反馈方法。不过，在 ARRC 前馈方法中既没有目标加工，也没有上、下规格极限，因为模型在加工序列之间扮演着相关的操作员。此外，不存在闭环调节模式，因为它的功能被用来为前馈控制有关的下游加工获取加工测量。没有计量极限功能的运行时间是不存在极限的，因为在前馈控制方法中通常总是需要计量的。

对于前馈方法，控制点定义编辑器用一个特别区进行增强以定义计量信息来自哪个上游加工。加工模型编辑器不具备定义前馈方法适配模型或递归控制器的能力，因为前馈控制器采用的各模型是完全开环的。

当采用“纯前馈”方法时，工具服务器 115（见图 2），或 GEM 主接口 90 二者之一，如被提供，将通知 ARRC 控制器 75 获取来自上游计量工具的指定的计量数据并执行该前馈算法。在不能获得计量记录的情况下，下载将被阻塞，直到获得计量记录。一旦计量记录得到恢复，ARRC（各）方法将被计算，VPT 参数便被更新。

当采用联合反馈/前馈控制时，来自前馈控制方法 210 的输出可能被用来调节各反馈控制方法 220 的加工目标，如图 6 所示。

在成功地执行所述任何 ARRC 方法后，记录到的信息如下：VPT 参数值，计量目标，被计算的控制点，以及新模型的各种参数。ARRC 方法生成的所有警报和停止事件都被储存在审计追踪文件中，同时还在一份工具应用状态中显示给用户。无论是工具状态或者是 ARRC 应用状态的警报皆可被清除，只不过停止事件只能在 ARRC 的应用状态下被拒绝（如在下文所述）。对 VPT 各参数所作的任何调节也都登录在审计追踪文件中。

为了看到连接至当前区的所有工具的当前状态（即：OK，警告，或阻塞下载），可以提供 ARRC 状态显示。该应用显示工具的当前状态，能够不单看见当前 ARRC 系统的所有事件，而且也能看见所有的开放计量请求。可以从这个窗口拒绝所有 ARRC 系统阻塞下载事件，使工具返回在线状态。所有报警和阻塞下载事件也可以在工具状态显示中看见，并且也可以在那里被清除。所有 ARRC 系统事件（报警、阻塞下载、调节等）也都被记录到检验文件中。

图 8 是从另一个视点说明逐次运行控制加工的加工流程图。在图 8

- 所描绘的这种逐次运行加工 800 中，前馈和反馈控制两者都可能被用来控制加工工具（图 8 中标为加工工具 B）的操作。在逐次运行加工 800 的第一步 801 中，第一加工工具（标为加工工具 A）按照从可变参数表（VPT）下载到该工具的各加工变量进行加工，该可变参数表是和特定的工作程序相关联的。在下一步骤 802 中，第一计量工具（标为计量工具 A）依据加工工具 A 的输出性质，对其合适的输出进行测量。在步骤 803 中，按照，例如，以前在图 6 中描述的任何一种计量获取方法采集计量工具 A 所作的测量。在下一步骤 804 中，根据储存在计量图中的信息为即将用到的前馈和/或反馈逐次运行算法设置加工控制点（即，目标）。在接下来的步骤 805 中，由 ESW 30 应用选出的前馈控制算法得到前馈控制模型输出。这些输出在步骤 806 中为即将来临的反馈控制算法调节加工目标。一方面，该前馈控制算法为一个闭环反馈控制回路所控制的加工提供生成一个“可变的”加工目标的能力。
- 一旦根据前馈控制算法的输出调节了加工目标，在步骤 807 中便可应用逐次运行控制器的反馈控制算法。在下一步骤 808 中，在可变参数表（VPT）中对工作程序各加工变量或参数作出调整的并且更新的各变量或参数被下载到加工工具 B。在步骤 809 中，加工工具 B 利用和加工工作程序关联的变量或参数履行其指定任务。在下一步骤 809 中，第二计量工具（标为计量工具 B）依据计量工具 B 的输出的性质，对其合适的输出进行测量。按照，例如，以前描述过的任何一种计量获取方法，计量工具 B 的计量数据在下一步骤 811 被获取。在步骤 812 中，根据获得的计量数据，调节反馈控制算法的各加工控制点。该闭环反馈控制加工因此而回到步骤 807，在这里又一次应用反馈控制算法。这种反馈算法以闭环形式继续控制加工工具 B 的（各）加工目标，但所述（各）加工目标可以根据被测量的加工工具 A 的输出，以及图 8 的步骤 805 中叙述的前馈控制算法周期性地被调节。

依据计量数据和加工调节机制，ARRC 系统可以在变化频率的条件下进行加工调节。对于批量工具，ARRC 系统优选地在一批一批的基础上进行参数调节。对单个晶片工具，ARRC 系统可能在一堆一堆的，如果需要，一晶片一晶片的基础上进行参数调节。

可用来分析 ARRC 方法过去性能的附加软件也是很有用的。为此，

可以在 ARRC 历史分析应用配置 ESW30。这种 ARRC 历史分析应用容许用户通过选择一个工具、区、工作程序名称和相关的可变参数阅看单个 ARRC 方法的结果。对于各反馈方法，图绘以图的方式显示目标数值、模型估计、实际测量以及报警和阻塞下载极限。这种图绘最好是彩色标码的。对各前馈方法，图绘以图的方式显示各个时间对下一个加工所作的调整（梯级图表）。在反馈和前馈两种情况下，在图的下方，例如，在一次报警或阻塞事件产生的时刻所对应的时间点，以及作过一次调节的那个时间点，都标上彩色事件标志方块。当用户点击这些标志方块时，就会出现另一个窗口显示该具体事件的详细内容。

10 前面讲述的这个系统曾经成功地应用于一个湿法-氧化加工中，已显示出它在改进加工精度及均匀度方面的能力。虽然在本质上这种控制问题是多变量量的，但在湿法-氧化加工的控制问题中却可以有效地约化为一组标量问题，从而可以采用简单及可靠的 ARRC 控制方法。为了实施逐次运行控制，本 ARRC 系统提供了一个完整的及用户友好的工具以进行模型建立、适配和控制。

15 在这种湿法-氧化加工中，在扩散炉中通过一个潮湿的氧化加工，在晶片的载体上生长出氧化硅层。在这样一个加工中，硅晶片在高温下被暴露在蒸气中，这种蒸气是用火焰或喷火器燃烧一个被控制的氢、氧混合物形成的。这些硅晶片被装进炉中并在一个给定的温度下被加工一段特定时间。利用一个实时控制器将温度保持在选定的数值，在晶片载体上三个不同的位置用热偶进行温度测量。加工完成时，在晶片载体上四个不同位置测量氧化层的生长情况。影响生长的加工参数包括加工时间和三个温度区设置点。调节这些参数的目的是为了保持在晶片载体上各处均匀地产生所要求的氧化物生长。

20 这个问题的一个难点是加工模型的复杂性，包括由于喷火器在热源区间产生的附加热以及在载体区间的热损失造成的对称消失。此外，加工特性随被加工晶片的数目而变（由于，例如，热偶漂移或元件退化）。为了补偿模型误差和缓慢的加工漂移，利用上面所说方式组装了这种逐次运行控制器以调节“控制输入”（氧化时间及各温度设置点），将每一轮运行后的生长测量作为计量输入并且利用一个简单的加工模型调节 VPT 中定义的各工作程序参数。

30 为了把湿法-氧化加工明确表达为反馈控制问题，该 ARRC 系统试

图计算和精修“控制输入”值，以迫使并保持加工输出值达到所要求的水平。作为术语，反馈控制考虑的是一项“加工”或一个“系统”，“加工”或“系统”就是给定一个“输入”产生一个“输出”。为了影响输出的改变，该输入或控制是一个可以被操纵的信号。输出是一个令人感兴趣的信号，它可用于定义加工所要求的操作。所要求的操作常常可以通过把加工的输出与一个“目标”或“参考”值相比较来进行量化。例如，在湿法-氧化反馈控制问题中，控制输入是氧化时间和氧化温度。输出是加工完毕后在晶片载体上各个不同位置测出的氧化物厚度，而参考值是希望达到的氧化物厚度。

- 10 对于氧化加工，人们可以把整个温度轨迹想像为控制输入。这当然会相当不方便，因为它增加了这个问题的维度和困难。另一方面，假定把这个温度维持在由局部实时控制器规定的一个值，便可以简单地用温度设置点这个简单数字代替整个轨迹。用这样一个明确表达方式得到的模型精度依赖于局部实时控制器在不管有任何干扰进入加工的情况下仍能保持设置点温度的能力。

从数学上讲，输入和输出之间的关系采取无记忆非线性形式，

$$y_k = f[u_k]$$

- 其中 $f[\cdot]$ 是通常的非线性函数。在这种构架中，当选择 U_k 使 y_k 为接近一个规定的要求值 r_k 时，控制目标便可能被定义，这里， k 是一个标记运行次数的脚码。不言而喻，所有的数学模型，特别是一些简单的模型，只能作为一个物理加工的近似。因而，控制输入的标称值（例如，解方程 $f[U_k] - r_k = 0$ 算出的）将仅仅近似地满足控制目标。此外，加工中的干扰或变动（例如，由于老化）可以对模型质量产生不利的影响，并导致误差 $r_k - y_k$ 增加。

- 25 有两种互补的途径可以补救这种情况。一个是采用近似模型计算出一个近似校正，它最终驱使误差到零；这归类于控制输入精修。另一个途径是改进模型质量，归类于模型精修，利用新模型计算新的控制输入。ARRC 各方法可以用来实施这两者中的一个或者两者。不过，这两种途径的选择是与问题有关的，因为两者都有限度，超越限度可能潜在地出现不想要的响应。

在目前这个实例中，ARRC 方法的设计依据适配系统识别和参数估计理论进行模型精修，并依据反馈控制和数值优化理论进行控制输入精修。在 ARRC 的一般形式中，ARRC 方法实施包括四个步骤：模型开发、控制输入初始化、模型精修以及控制输出更新。取决于用户的选择，这些步骤可以按几种不同的顺序实施以控制加工输出，例如，加工监视、一次模型(one-shot-modeling)、无适配控制及适配控制。下面对四个基本步骤中的每一步进行说明。

关于模型开发，在典型的 ARRC 系统中实施的模型结构为单一输入，带有全部或部分可调参数的单一输出的多项式模型。一般，加工模型所取的形式为：

$$y_k = f[u_k, \theta]$$

其中 (u, y) 为输入-输出对， θ 是一个可调参数矢量。为了计算方便、可靠，函数 $f(\cdot, \theta)$ 在 θ 参数中被选为线性的或仿射的。这样做就能采用简单的和可靠的最小二乘算法从数据估算出各模型参数。同时，更一般的模型结构在所述 ARRC 系统构架中当然是可能的，但通常简单的模型对所要求的应用就足够了。这里，使用简单模型时操作区常常足够小，从而可以用仿射函数对输入/输出的加工行为作出很好的近似。

在建立模型的步骤中，对用户所选的模型结构的参数进行估算，用来拟合一套输入/输出对。这种估算采用最小二乘近似法进行，对数值稳健度稍稍作了改进。和估算的模型参数一起，还计算了一套拟合误差（均方根及归一化均方根）。这些误差定义了拟合质量，从而容许轻松地选择最适合的模型并可以避免“过分参数化”。应该指出，过分参数化不仅和基本加工的特点有关，而且也和可能的输入范围有关。拟合误差测量还提供选择控制和/或适配阈值（死区）的指导原则，所以当输出在正常干扰水平以下变动时，不会采取行动。最后，在这一阶段，算出在适配和控制各步骤中要用到的“调整”转换。这些转换在改善可靠性和数值计算的收敛速度两方面都很重要。

关于控制输入更新，为求解非线性方程，计算控制输入采用的是梯度/牛顿算法类的一个算法。牛顿型算法在解的附近具有非常好的收敛性，只要模型的导数 (df/du) “接近”实际加工的导数，收敛对模型非

精确度并不很灵敏。不过，在这个示例性的应用中做过几项改进，包括一个用作调节器的参数，用来调节该方法对干扰的灵敏度“增益”。控制输入更新的一般形式为

$$5 \quad u_{k+1} = u_k + \gamma_x \omega_{x,k} \varepsilon_{x,k} / (1 + \gamma_x \omega_{x,k}' \omega_{x,k})$$

其中 $e_{c,k} = \text{Dzn}[r_k - y_k]$, $w_{c,k} = df/du[u_k, \theta_k]$. $\text{Dzn}[\cdot]$ 表示了一个死区的非线性，其阈根据模型开发阶段算出的干扰均方根水平选择。增益 γ_c 由误差通过下式计算：

$$10 \quad \gamma_c = \gamma (e_{c,k} / \gamma_{dz})^2 / \left(1 + \left(e_{c,k} / \gamma_{dz} \right)^2 \right)$$

其中 $\gamma > 0$, γ_{dz} 是根据干扰均方根水平选定的一个阈参数。作为平滑死区，这个非线性增益定义起的作用有效。它的关键贡献是，当误差大时，使用高增益（等于 γ ）作出控制更新。当误差小，而且其大部分贡献来自干扰时，则用低增益作出更新，从而有效地用作一个低通滤波器，并防止过分的控制输入调节。

这种控制输入更新方法可以在两种模式中使用。在正常操作中，只要迭代一步。另一方面，对于第一步，在继续操作以后迭代便可以收敛（控制初始化）。

在适配系统设计中，下一步是选择参数更新方法，包括在灵活性、引发参数漂移的干扰、收敛速度以及干扰过滤性质之间进行取舍。用于更新模型参数的 ARRC 方法是一个改进的消失记忆最小二乘法，方法合并了加工死区和参数约束。参数更新方法的一般形式如下：

$$\theta_{k+1} = \Pi \left\{ \theta_k + \gamma_p P_k^{-1} w_{p,k} e_{p,k} / (1 + \gamma_p w_{p,k}' P_k^{-1} w_{p,k}) \right\}$$

$$P_{k+1} = \alpha P_k + (1 - \alpha) Q + \gamma_p \alpha w_{p,k} w_{p,k}'$$

25 其中 $e_{p,k} = \text{Dzn}[y_k - w_{p,k}' \theta_k]$, $w_{p,k} = df/d\theta[u_k, \theta_k]$. 适配增益 γ_p 的计算与控制增益类似。 $\Pi(\cdot)$ 表示在一套参数约束上的斜倾投影算符。 Q 是一个小的正有限矩阵，用以保证 P_k 恒为非奇异的， $\alpha \in [0, 1]$ 是遗忘因子。

死区作为一个“信息屏蔽”机制，对于几乎不含新信息的数据予以忽略。参数约束通常的形式是束缚在可接受的参数估算上，用以增加该算法抵抗干扰引发的参数漂移的稳健度。

- 死区阈、参数约束和标度/调整转换在初建模型阶段可由用户选择。特别是，参数调整转换有助于减少希思（Hessian）调整数 P ，从而改善参数估算器的收敛性质。但是应该慎用它们，因为它们可能增加算法对干扰的敏感度。此外，参数约束可以由物理原理导出（例如 df/du 的符号）。

- 如前所述，曾将 ARRC 各方法用于一个湿法氧化加工的控制。这种加工的主要特点之一是由于炉子的热梯度对称性消失，造成晶片载体上氧化物的厚度分布不均匀。通常对这种情况的补救是在三个加热区间采用不同的温度设置点，来补偿氧化率的变动。这种称为“温度倾斜”的程序往往要求进行大量实验和定期重调；因此，它被选为研究逐次运行控制效益的好候选者。

- 对于用在湿法-氧化实例中的加工，控制输入为氧化时间和两端区温度设置点，而中心区的设置点保持 950 摄氏度常数。每轮运行采用四个试验晶片，每个试验晶片都在不同位置测量氧化物厚度。采用一个标准的实验设计，对不同的输入得到一套有 23 个初始测量的数据，由此建立了一个初始模型。由这些测量引导，加工输入和输出被定义如下：

$y(1)$ = 中间两测试晶片的平均氧化物厚度。

- $y(2)$ 和 $y(3)$ = 侧区测试晶片的平均氧化物厚度和 $y(1)$ 之间的差值 (Å)。

$u(1)$ = 加工时间 (分)。 $u(2)$ 和 $u(3)$ = 侧区设置点和中心区的温度差 (摄氏度)。

- 这些定义背后的合理解释是要得到一个矩形模型，带有以对角线为主的和合理调整的希思数。对角线为主并非必要，但它有助于简化多变量控制问题，将它近似为一组标量控制问题。

用 33 次加工测试了这种 ARRC 方法，每次加工 200 个晶片。前 22 次加工采用无适配控制器，后 11 次采用适配控制器。在所有情况下，目标都是在所有加工区获得 1000 Å 厚度的氧化物。为了证明控制器的收敛性质，初次加工选择的厚度误差为 15%，而且所有的温度设置点都相同。测试结果如图 3 和图 4 所示。在一个很短的瞬间以后，厚度误差便和正常干扰水平不相上下。此外，控制输入更新的平滑程度也很合理。这些结果要比基于 SPC 工作程序调节的类似加工的正常操作数据好。显然，所述先进逐次运行控制方法在导致精确并可预言的加工结果方面具有显著的优点。

其它一些实例也说明引入所述逐次运行控制技术，利用反馈和前馈技术中的一个或两种技术具有的好处。在 ARRC 控制系统中使用相对简单的反馈控制器在许多生产环境范围都能够大大改善加工性能，提高生产力。例如，在化学机械抛光（CMP）操作中，可以调节抛光时间来控制膜的剩余厚度。抛光时间可以随晶片或加工批次而改变，与加工的稳定性有关。当要求进行逐片调节时，就需要进行现场计量以便及时提供测量使回路闭合。不过，如果了解了加工漂移，则可用一个反馈模型进行估计并调节每一批中每一晶片所要求的抛光时间。由 ARRC 系统实施的，根据模型估算并在该批加工完毕后加以调节改变的一个负反馈控制算法，就可能逐片逐片改变抛光时间。反馈控制器也可以用在 ARRC 系统中自动补偿抛光剂的变化以及抛光垫的剥蚀。

扩散加工可以作为利用本文所叙述逐次运行控制技术受益的另一个实例。扩散加工有时会要求同时调节多个变量。低压化学气相沉积（LPCVD）批量加工，例如，通常要求调节温度和时间。在 ARRC 系统中的反馈控制器可用来调节端区温度使炉子中心和炉子端区加工的各晶片之间的厚度差最小。该反馈控制器还能调节沉积时间使加工的中心位于想达到的厚度目标。一些简单模型在线性 LPCVD 沉积加工及非线性氧化加工中，都是有效的。

本文所述的 ARRC 系统里的反馈调节也可以在刻蚀加工中用来控制临界尺寸（CD）线宽度。许多刻蚀加工也采用原位端点探测。端点一旦被建立，工作程序将继续以预先定义的过刻蚀时间对膜进行刻蚀。端点时间和过刻蚀时间之间的时段以膜的厚度和 CDs 来量度。在 ARRC 系统中可以应用自动反馈控制以调节定时刻蚀加工或端点驱动加工中

的过刻蚀时间。蚀去的膜厚度和 CDs 之间的关系对各种刻蚀参数，诸如刻蚀时间、气流及功率可以作出模型并用 ARRC 系统控制。

5 尽管利用反馈控制方法可以使一个加工产生可重复的结果，但加工结果也可能与晶片的初始状态有关。基于这种初始状态的自动调节可以用前馈模型去完成。如果采用前馈控制算法，受控的加工是优选的或者是固有稳定的，或者是采用一个有效的反馈机制（例如，一个 ARRC 反馈控制算法系统）来提供稳定性。

10 举一个前馈控制机制的实例，为互连通道除去内电平电介质，该实例在调节刻蚀时间方面是有用的。这类刻蚀加工一般不能用原位端点探测控制，因为刻蚀掉的膜量很小，不能接供所需的信号强度。这种加工最好是这样，即在初次尝试中优选刻蚀掉全部膜。通常选择该加工的目标需要膜的初始厚度。这项信息可以由一个带有前馈加工的 ARRC 系统提供，该系统对初始的膜厚度进行测量，而这个测量又为移去内-电平电介质的一个反馈控制回路设定一个目标。

15 ARRC 系统中的前馈控制应用的另一个实例是化学机械抛光加工（CMP）。在这种加工中，通常在初始表面物质会产生变化，它又引起抛光后的类似变化。利用抛光前对晶片的测量，在 ARRC 系统中可用前馈控制器调节每轮运行后的反馈控制器目标（打算抛光的材料量），从而在抛光后消除这种变化或至少使它最小化。

20 还有另一个前馈控制在 ARRC 系统中有用处的实例，是控制内植位垒在牺牲氧化层生长以前的变动，以改进晶体三极管和类似的半导体器件的生产。在这方面，内植位垒变化可以在生产加工中对晶体三极管的增益起负面影响。在典型的生产事例中，氧化物和氮化物层都会生长和沉积在晶片上。利用光刻和刻蚀加工，在氮化物层上形成沟道。25 在形成沟道过程中，氮化物被过刻蚀从而使某些初始氧化层脱去。沟道中在这些初始氧化物上生长出一层牺牲氧化层，造成内植步骤的位垒。这种内植位垒的尺寸从一轮运行到另一轮运行由于氮化物过刻蚀的变化而变化。利用 ARRC 系统内的一个前馈控制算法，首先测量氮化物刻蚀后的起始氧化层，然后用前馈控制器在牺牲氧化物加工中调节30 反馈控制器的目标，保持较一致的内植位垒，从而使由氧化和氮化物刻蚀各个步骤带进的变动最小化。

在光刻区内，ARRC 系统内实施的前馈控制，可以用来逐一计算每

个晶片的调准参数，籍以利用反馈控制为加工下游提供改善的可能性。在典型情况下这里有 6 到 8 个参数，在初级模型中可以对它们进行预言。也可以调节倾斜，但一般需要一个复杂得多的模型。

- 5 虽然本说明书公开了优选的实施方案，在本发明的概念和范围内仍有许多变通的可能性。本领域的普通技术人员在参看了本技术说明书和附图以后，将会明白这样的变通。因此，除了在任何附属的权利要求的构思和范围以内，本发明并不受限制。

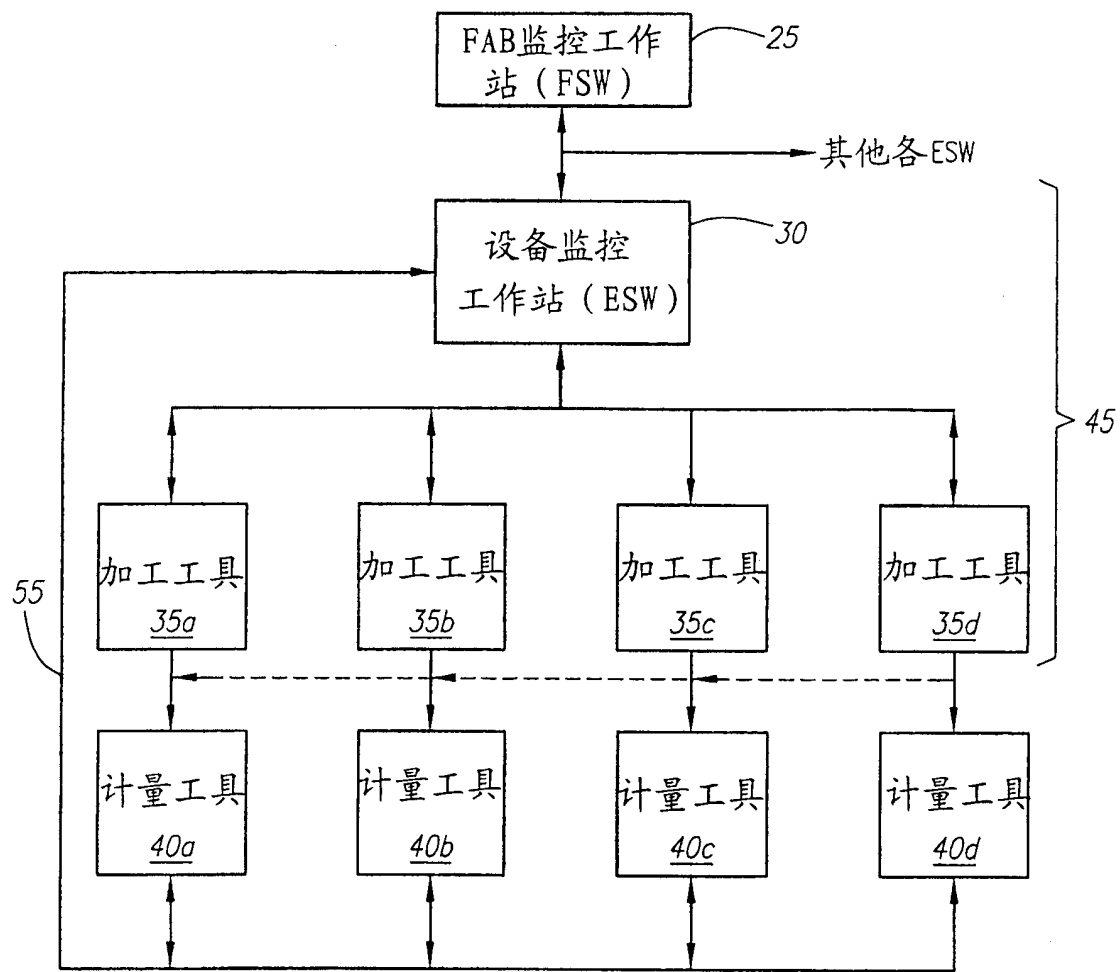


图 1A

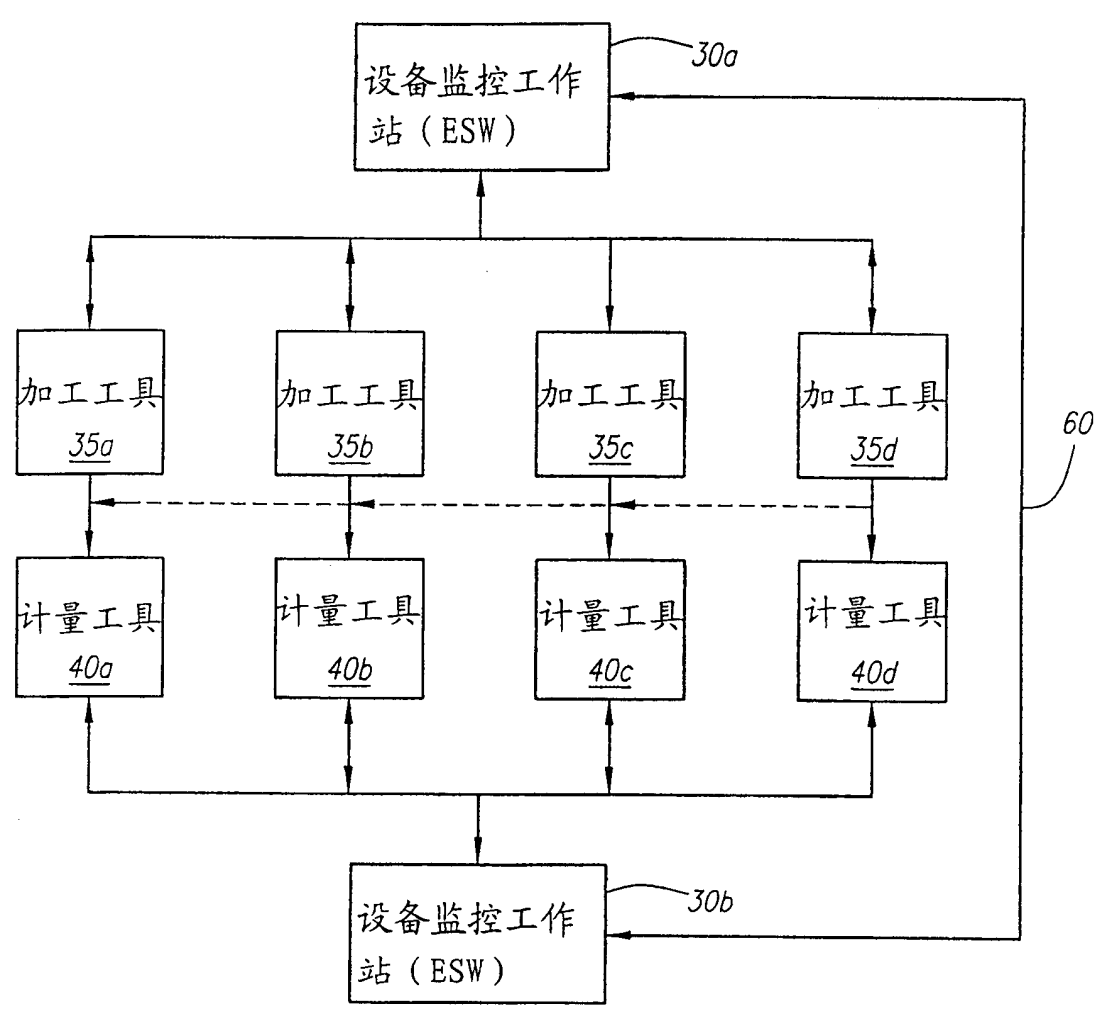


图 1B

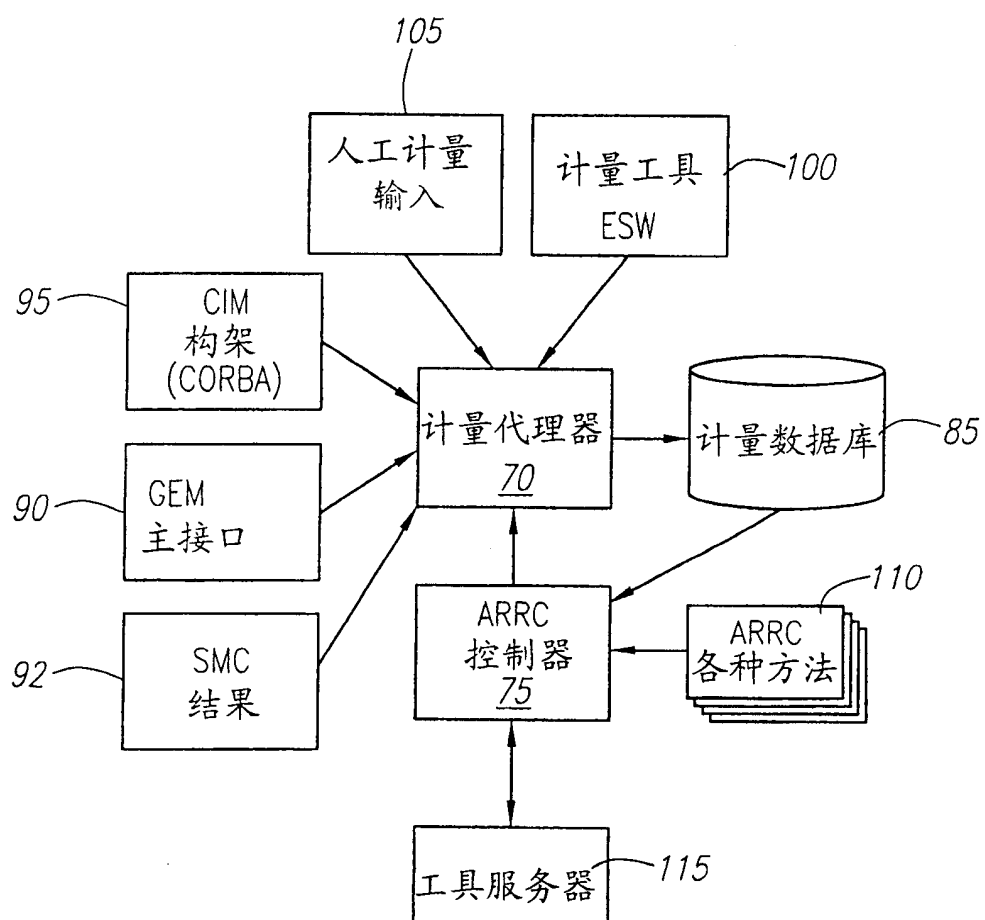


图 2

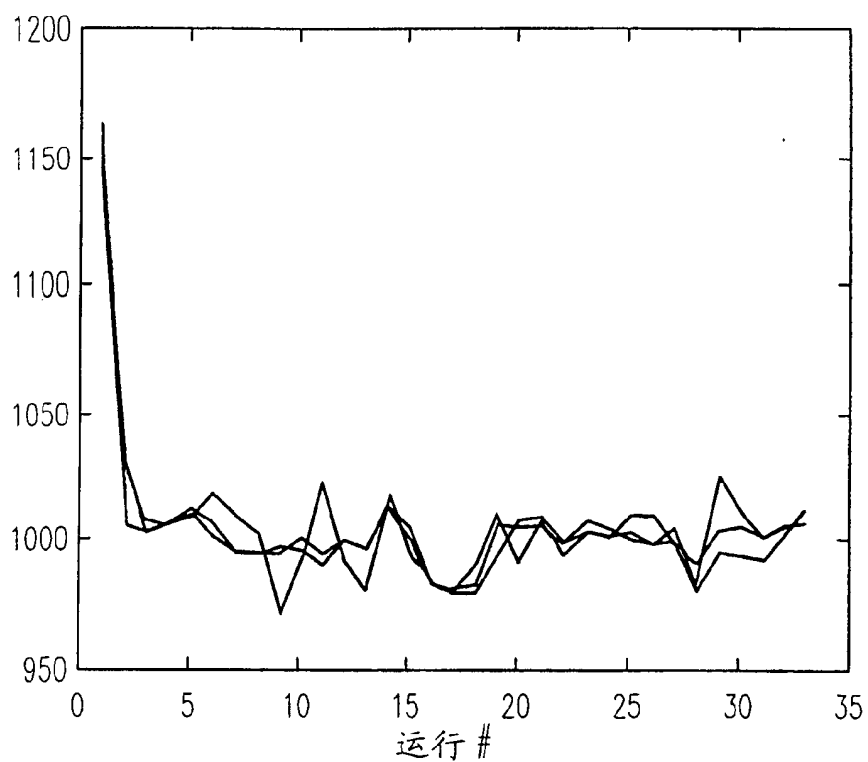


图 3

三个区间的氧化物厚度; 样品1-22:
无适配控制; 样品23-33: 适配控制

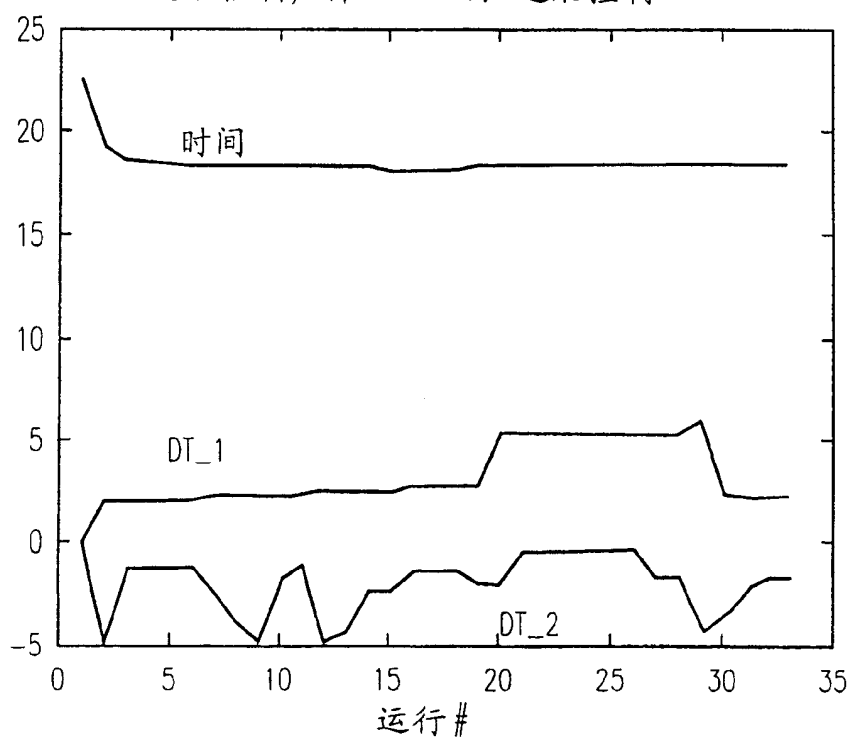


图 4

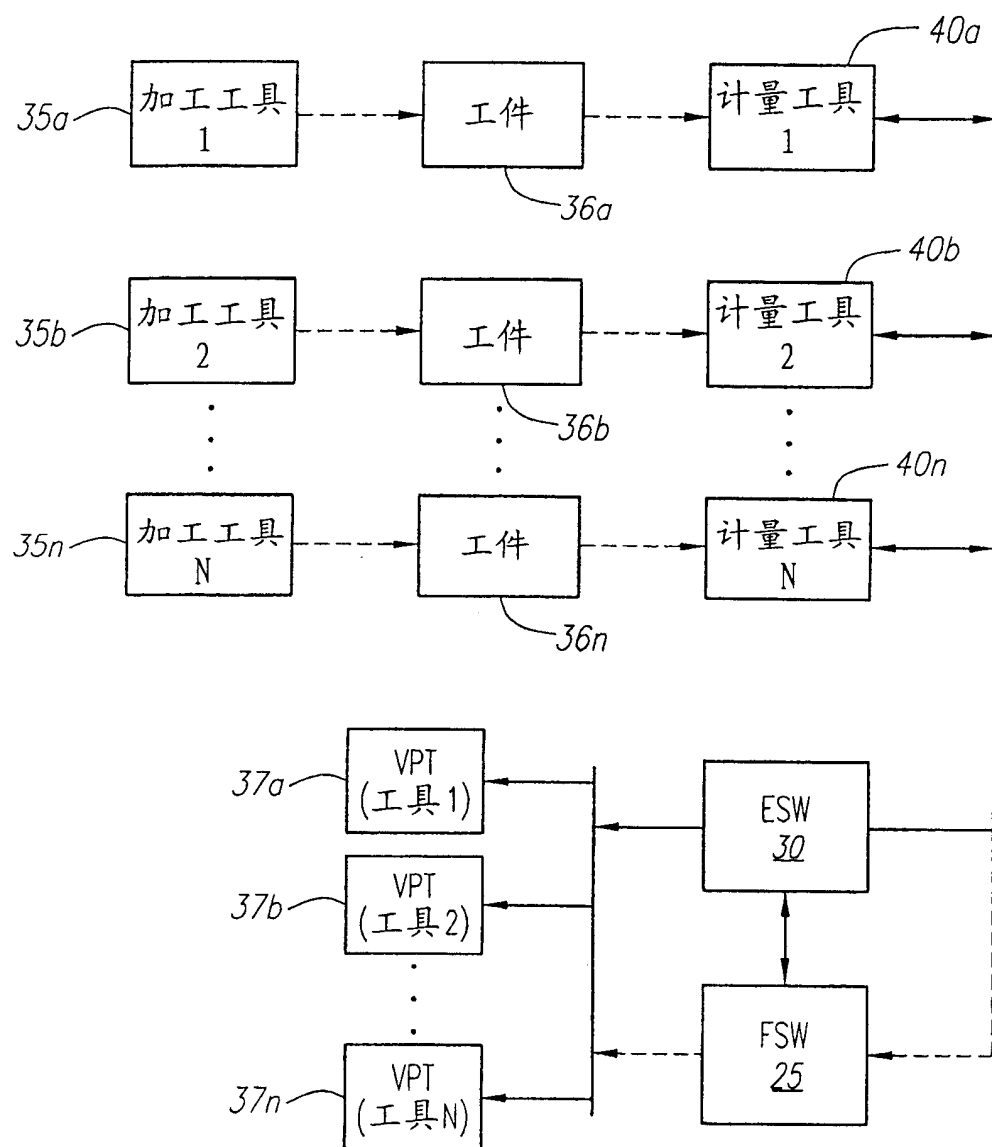


图 5

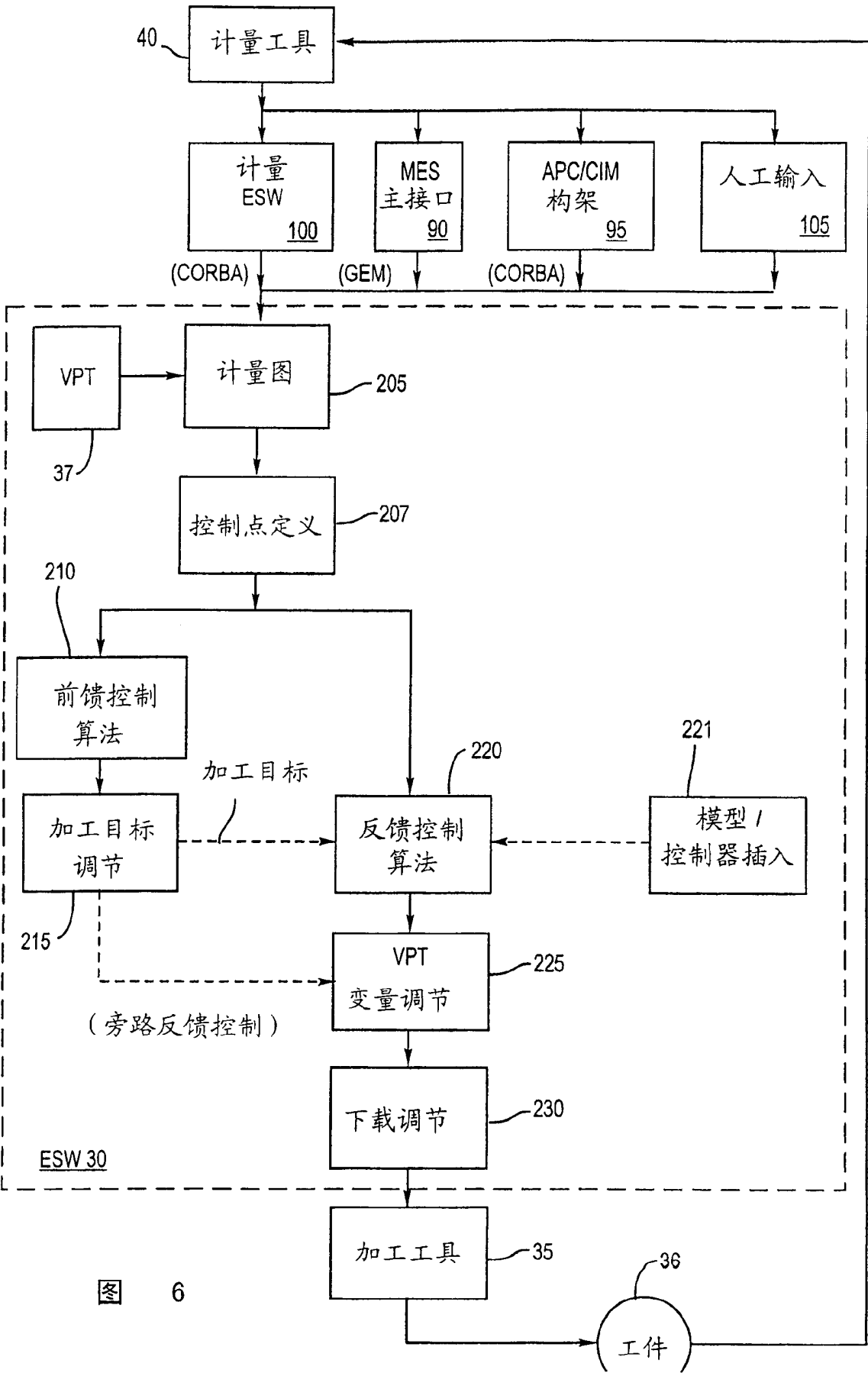


图 6

VPT 格式

变量	最小	最大	格式	最大Δ	缺省	存取

图 7

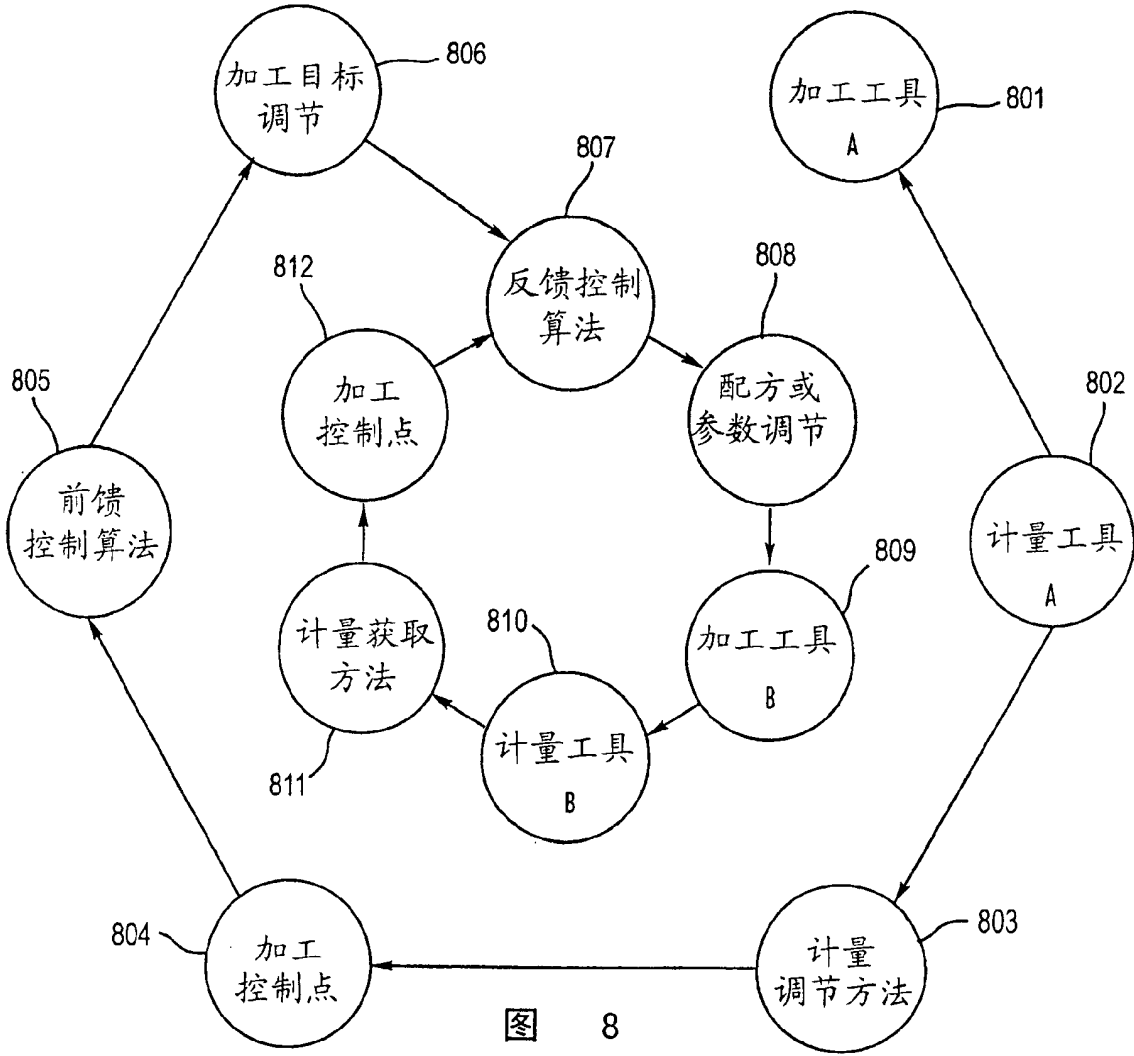


图 8