



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1931453 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 200610151435.1

(22) 申请日 2004.08.25

(30) 优先权数据

2004-218939 2004.07.27 JP

2003-300427 2003.08.25 JP

(62) 分案原申请数据

200410057032.1 2004.08.25

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 守屋刚 长池宏史 中山博之

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

B08B 7/02 (2006.01)

B08B 7/00 (2006.01)

G01N 21/49 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1065509 A, 1992.10.21,

CN 2208990 Y, 1995.10.04,

CN 1051688 A, 1991.05.29,

JP 8167643 A, 1996.06.25,

US 5298720 A, 1994.03.29,

审查员 许利波

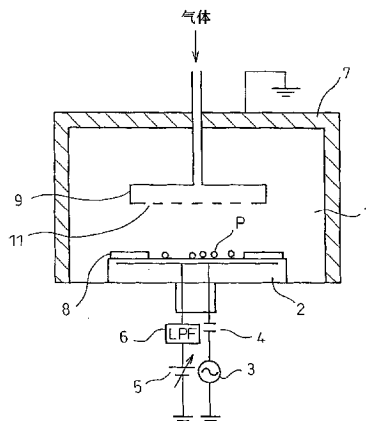
权利要求书1页 说明书11页 附图15页

(54) 发明名称

减压处理室内的部件清洁方法和基板处理装置

(57) 摘要

为了使附着在减压处理室内的部件上的微颗粒飞散,清洁部件,采用将电压加在部件上,利用麦克斯韦应力使微颗粒飞散的方法;使微颗粒带电,利用库仑力飞散的方法,将气体导入减压处理室中,使气体冲击波到达附着有微颗粒的部件,使微颗粒飞散的方法;使部件温度上升,利用热应力和热泳动力,使微颗粒飞散的方法;或将机械振动给与部件,使微颗粒飞散的方法。另外,使飞散的微颗粒在较高压的气氛下被气体流夹带除去。



1. 一种部件清洁方法,使附着在减压处理室的部件上的微颗粒飞散除去,其特征为,使所述减压处理室保持规定的压力,导入气体,使气体冲击波到达所述减压处理室内的部件,使附着在所述部件上的微颗粒飞散,所述规定的压力在  $1.3 \times 10^{-2}$ Pa 以下,

使气体冲击波到达所述减压处理室内的部件,使附着在所述部件上的微颗粒飞散后,使所述减压处理室排气并导入气体,将所述减压处理室内的压力维持为  $1.3 \times 10^3$ Pa 以上的规定压力。

2. 如权利要求 1 所述的部件清洁方法,其特征为,所述部件为放置被处理基板的工作台。

3. 如权利要求 2 所述的部件清洁方法,其特征为,所述气体从设在所述减压处理室中的气体导入管导入。

4. 如权利要求 1 所述的部件清洁方法,其特征为,生成所述气体冲击波的气体的导入连续多次地进行。

5. 一种部件清洁方法,使附着在减压处理室的部件上的微颗粒飞散,其特征为,加热所述部件,保持在高温的状态下,

同时或连续地进行:将所述减压处理室保持在规定的压力而导入气体,使气体冲击波到达所述部件的步骤;和将高电压加在所述部件上的步骤,所述规定的压力在  $1.3 \times 10^{-2}$ Pa 以下,

使气体冲击波到达所述减压处理室内的部件,使附着在所述部件上的微颗粒飞散后,使所述减压处理室排气并导入气体,将所述减压处理室内的压力维持为  $1.3 \times 10^3$ Pa 以上的规定压力,从而使附着在所述部件上的微颗粒飞散除去。

6. 一种基板处理装置,具有:

对被处理基板进行处理的减压处理室;

在所述减压处理室内,放置所述被处理基板的工作台;和

将气体导入到所述工作台上方的气体导入管,其特征为,

通过将所述减压处理室保持在规定的压力下,从所述气体导入管将气体导入到不放置所述被处理基板的工作台上,使该气体的冲击波到达所述工作台,所述规定的压力在  $1.3 \times 10^{-2}$ Pa 以下,

使气体冲击波到达所述减压处理室内的部件,使附着在所述部件上的微颗粒飞散后,使所述减压处理室排气并导入气体,将所述减压处理室内的压力维持为  $1.3 \times 10^3$ Pa 以上的规定压力,使微颗粒飞散除去。

## 减压处理室内的部件清洁方法和基板处理装置

[0001] 本申请是申请日为 2004 年 8 月 25 日、申请号为 200410057032.1、发明名称为“减压处理室内的部件清洁方法和基板处理装置”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及清洁减压处理室内的部件的技术，例如，涉及清洁放置被处理基板的工作台等的技术。

### 背景技术

[0003] 在半导体或者例如液晶显示装置等的 FPD(平板显示器:Flat PanelDisplay) 的制造工序中，防止从制造装置外混入的、或在制造装置内产生的微颗粒对被处理基板的污染是一个问题。特别是，当安装在减压处理室中的工作台被微颗粒污染时，微颗粒附着在放在其上的基板的背面，在下一个工序中，污染扩大，结果，产生最终的制品不合格。

[0004] 图 1 表示一般的等离子体蚀刻装置的概略图。在作为减压处理室的腔室 1 内配置放置被处理基板用的工作台 2。作为偏置电源的高频电源 3，通过电容器 4 与工作台 2 连接，另外，用于夹持基板的静电吸附电源 5 通过低通滤波器 6，与工作台 2 连接。减压处理室接地，上面有上部电极 7。工作台 2 的表面用氧化铝或聚酰亚胺等覆盖，利用从静电吸附电源 5 加直流电压，吸着半导体基板。在工作台 2 的周边上配置聚焦环 8，包围放置的基板。该聚焦环为与基板相同材料的环状板，可将所产生的等离子体保持在基板上。处理用的气体从工作台上部空间的浇淋头 9 的气体导入孔 10 导入。另外，图中没有示出，还具有使腔室减压或成为真空用的泵。微颗粒 P 附着在工作台 2 上。

[0005] 在上述减压处理室中进行处理时，将半导体基板(图中没有示出)放置在工作台 2 上，加上静电吸附电源 5 的电压，通过静电吸附保持该半导体基板，再从浇淋头 9 的气体导入孔 10，将加工用的反应性气体导入腔室 1 内，利用从高频电源 3 供给电力产生等离子体，进行规定的处理。这时，当微颗粒 P 附着在工作台 2 上时，它附着在被处理基板的背面上，在下一个工序中，污染扩大，同时，产生使最终制造的半导体器件的成品率降低等问题。

[0006] 这种微颗粒有的是从处理室外带入的，还有在处理室内，由工作台与半导体基板的接触剥离的，还有是因反应性气体而产生的生成物堆积的等。在例如特开 2002-100567 号公报中提出了为了保持工作台清洁，用刷子刮板或擦拭板进行清扫，或喷射清洁的液体或气体进行清扫的方法。

[0007] 然而，由于采用这种清洁方法通常要打开腔室的盖，曝露在大气中，这样，清扫本身就成为污染的原因。在减压下，利用刷子刮板或擦拭板对微颗粒(例如粒径为几个 10nm)没有效果，而且物理的摩擦还会增加微颗粒。另外，用液体清扫工作台，其结构复杂，生产率降低显著。另外，用吹气体的方法，因为微颗粒和气体的冲突截面积非常小，很难做到充分的清扫。

### 发明内容

[0008] 本发明是考虑这个问题而提出的,其目的是要提供一种有效地从减压处理室内的部件表面上使微颗粒飞散除去的部件清洁方法、具有实现该清洁方法的装置的基板处理装置,监视清洁的飞散微颗粒检测装置,清洁度评价方法和清洁完成检测方法。

[0009] 为了解决上述问题根据本发明的实施方式 1,将电压加在附着有微颗粒的部件上,根据上述部件的介电常数和上述微颗粒的介电常数之差,使附着在上述部件上的微颗粒飞散。

[0010] 根据本发明的实施方式 2 使附着在上述部件上的上述微颗粒带电;和将极性与上述微颗粒的带电电荷相同的电压加在上述部件上,使附着在上述部件上的上述微颗粒飞散。

[0011] 根据本发明的实施方式 3,将减压处理室保持在规定的压力,导入气体,使气体冲击波到达附着有微颗粒的部件,使微颗粒飞散。

[0012] 根据本发明的实施方式 4,控制附着有微颗粒的部件的温度,利用热应力和热泳动力,使微颗粒飞散。

[0013] 根据本发明的实施方式 5,将机械振动给与附着有微颗粒的部件,使微颗粒飞散。

[0014] 根据本发明的实施方式 6,在将减压处理室的压力维持在  $1.3 \times 10^3 \text{Pa}$  (10Torr) 以上的状态下,使微颗粒飞散,利用气流除去微颗粒。

[0015] 根据本发明的实施方式 7,作为将减压处理室的压力维持在  $1.3 \times 10^3 \text{Pa}$  (10Torr) 以上,利用气流,除去微颗粒的前阶段,使压力在  $1.3 \times 10^2 \text{Pa}$  (1Torr) 以下,使微颗粒飞散。

[0016] 根据本发明的实施方式 8,在将减压处理室的压力维持在  $1.3 \times 10^3 \text{Pa}$  (10Torr) 以上,利用气流,使微颗粒飞散的情况下,再将机械振动给与飞散的微颗粒。

[0017] 根据本发明的实施方式 9,加热上述部件,保持在高温的状态下,同时或连续地进行:将上述减压处理室保持在规定压力,导入气体,使气体冲击波到达上述部件的步骤;和将高电压加在上述部件上的步骤。

[0018] 根据本发明的实施方式 10 提供的基板处理装置,通过从上述静电吸附电源将电压给与不放置被处理基板的工作台,使附着在上述工作台上的微颗粒飞散。

[0019] 根据本发明的实施方式 11 提供了一种基板处理装置,通过将上述减压处理室保持在规定压力下,从上述气体导入管将气体导入不放置上述被处理基板的工作台上,使该气体的冲击波到达上述工作台,使附着在上述工作台上的微颗粒飞散。

[0020] 根据本发明的实施方式 12 提供了一种基板处理装置,它从将气体导入工作台上方的气体导入管,流入冷却该头部用的气体,将不放置被处理基板的工作台利用加热装置加热至规定温度,使附着在上述工作台上的微颗粒飞散。

[0021] 根据本发明的实施方式 13 提供了一个散乱微颗粒的检测装置,它具有:使入射光入射在上述减压处理室中,以通过上述部件的上部空间的光源;和与上述入射光成规定的角度配置的、检测上述微颗粒引起的散射光的光检测器。

[0022] 另外,根据本发明的实施方式 14、15,提供了清洁度评价方法和判断部件清洁完成的清洁完成检测方法,它可以根据检测因微颗粒造成的散射光而评价减压处理室内的部件的清洁度。

## 附图说明

[0023] 本发明的上述目的和特征,从以下参照附图对优选实施方式的说明中,将会进一步了解。

[0024] 图 1 为表示可适用本发明的现有的等离子体处理装置的图。

[0025] 图 2 为表示在本发明的实施方式 1 中,利用麦克斯韦 (MaxWell) 应力,飞散微颗粒的实验结果的图。

[0026] 图 3 为表示在本发明的实施方式 1 中,加矩形波电压,使微颗粒飞散的实验结果的图。

[0027] 图 4 为表示在本发明的实施方式 1 中,由飞散的微颗粒产生的激光散射光的图象的图。

[0028] 图 5 为表示在本发明的实施方式 1 中,激光和飞散微颗粒的关系的说明图。

[0029] 图 6 为表示在本发明的实施方式 1 中,相对于所加电压的飞散微颗粒数的图。

[0030] 图 7 为表示在本发明的实施方式 6 中,一定压力的气体冲击波造成的微颗粒飞散的图。

[0031] 图 8 为表示在本发明的实施方式 6 中,由另一个压力的气体冲击波造成的微颗粒飞散的图。

[0032] 图 9 为表示在本发明的实施方式 6 中,由连续的气体冲击波造成的微颗粒飞散量的图。

[0033] 图 10 为表示在本发明的实施方式 7 中,由加热造成的微颗粒飞散量的图。

[0034] 图 11 为表示本发明的实施方式 11 中飞散微颗粒检测装置的概略图。

[0035] 图 12 为表示本发明的实施方式 8 的超声波振动的效果的图。

[0036] 图 13 为表示本发明的实施方式 12 的等离子体处理装置的概略图。

[0037] 图 14 为表示本发明的实施方式 12 的清洁方法的流程图。

[0038] 图 15 为表示本发明的实施方式 12 的清洁方法造成的腔室内压力和微颗粒数的关系的图。

[0039] 图 16 为表示本发明的实施方式 13 的清洁方法的流程图。

[0040] 图 17 为表示本发明的实施方式 13 的前处理的效果的图。

[0041] 图 18 为表示进行本发明的实施方式 13 的带前处理的微颗粒除去时,晶片上的微颗粒数和除去微颗粒的次数的关系的图。

[0042] 图 19 为表示本发明的实施方式 14 的清洁方法的一步骤的图。

[0043] 图 20 为表示本发明的实施方式 14 的移动速度和飞散微颗粒的关系的图。

## 具体实施方式

[0044] 在说明本发明的实施方式之前,说明本发明的原理。本发明的发明者分析作用在微颗粒和工作台之间的吸附力,研究克服吸附力,使微颗粒从工作台剥离飞散的方法发现使用 (1) 麦克斯韦应力, (2) 气体冲击波引起的力, (3) 热应力和热泳动力或它给的组合有效果。即:为将这些力给与工作台或微颗粒时,得到微颗粒可有效地从工作台剥离飞散的实验结果。为了确认飞散微颗粒,利用激光散射法。

[0045] (1) 麦克斯韦应力的利用

[0046] 本发明者当将电压加在静电吸附工作台上时,得到在工作台表面上的微颗粒飞散的独自的实验结果,并发现,这是由麦克斯韦应力引起的。

[0047] 麦克斯韦应力为

$$[0048] \quad \mathbf{F} = \rho\mathbf{E} - \frac{1}{2}\mathbf{E}^2\nabla\epsilon + \frac{1}{2}\nabla[\mathbf{E}^2\tau\frac{\partial\epsilon}{\partial\tau}]$$

[0049] 式中:  $\rho$  - 电荷量,

[0050]  $\mathbf{E}$  - 电场,

[0051]  $\epsilon$  - 介电常数,

[0052]  $\tau$  - 密度。

[0053] 上式的第一项表示微颗粒带电引起的库仑力。第二项是,由于 $\nabla\epsilon$ 为基于介电常数位置的微分,因此它表示当在介电常数变化的地方有电场作用时,产生负的力。第三项表示由于变形等,作用在介电常数相对于密度 $\tau$ 变化的物质上的力,这种物质中有橡胶等,在考虑半导体制造装置内的微颗粒的情况下,认为第三项可以忽视,因此,可以利用第一项和第二项表示的力。

[0054] (2) 气体冲击波引起的力的利用。

[0055] 进行将气体吹在工作台上的实验的结果说明,只单纯地吹气体,不能有效地使微颗粒飞散,在一定条件下可以有效地使微颗粒飞散。例如,在 $1.3\times 10^{-2}\text{Pa}$ ( $1\times 10^{-4}\text{Torr}$ )以下的压力环境下,通过一下子导入大量的气体,可以有效地使微颗粒飞散。解析的结果发现,通过具有大的压力差而一下子导入大量气体,这样可以产生由压力差造成的冲击波,当冲击波到达工作台表面时,可以有效地使微颗粒飞散。因此,可以有效地利用气体冲击波产生的力作为飞散除去工作台上的微颗粒的工具。

[0056] (3) 热应力和热泳动力的利用

[0057] 使用控制工作台的温度的装置,通过使工作台的温度从通常的使用温度充分升高或降低,可以诱发由热应力引起的微颗粒剥离。另外,将工作台维持在高温下,保持规定的压力,也可以利用产生的热泳动力,使微颗粒从工作台飞散。这样,为了清洁工作台,可以利用热应力或热泳动力。在这些实验中,进行利用激光散射法的就地(in-situ)微颗粒测量。这种装置可以在工作台的清洁度监视器等中使用。

[0058] 以下,根据附图来说明本发明的实施方式。以等离子体蚀刻装置作为一个例子进行说明,但本发明不是仅限于此,在具有放置成膜装置等基板的工作台的所有装置中也可使用。另外,工作台也不是仅限于放置半导体基板的工作台,以液晶显示装置的基板等任意基板为对象也可以。另外,作为清洁对象的工作台只是一个例子,本发明可以减压处理室内的任何部件作为清洁对象。

[0059] (实施方式 1)

[0060] 本实施方式是在工作台表面的介电常数和微颗粒的介电常数差别大的情况下,利用麦克斯韦应力式的第二项,在工作台表面上产生规定的电场,利用产生的斥力,使微颗粒飞散。

[0061] 即:在将被处理基板放置在工作台上前,如图 1 所示,将正或负电压从静电吸附电源加在工作台上。通过工作台表面的介电质,在表面上显现电场。工作台表面的电场强度与工作台表面的介电质的介电常数和厚度有关系,然而,根据实验,呈现出与所给电压大

致相同程度的电压,没有发现基于介电质的电场强度的衰减。根据麦克斯韦应力式,当在工作台表面的介电常数和微颗粒的介电常数有差别的情况下,给与电场时,微颗粒应受到在电力线方向飞散的力。

[0062] 图 2 中表示了实验结果的一览表。图 2 所示的实验选择几种材料作为工作台,将颗粒即微颗粒取为  $\text{SiO}_2$  和 CF 系的聚合物二种,检测其飞散量。飞散量显著多是工作台为裸硅(介电常数  $\epsilon = 11$ ),其上的微颗粒(颗粒)为氟化碳(CF)系聚合物的堆积物(介电常数  $\epsilon = 2$ )的情况,和工作台为氧化铝(介电常数  $\epsilon = 9$ ),其上的微颗粒(颗粒)为氟化碳(CF)系聚合物的堆积物的情况。它们的介电常数之差都为 9 或 7 这么大。其他介电常数相等或差不大的情况下,飞散量几乎没有或很少。

[0063] 图 3 表示以 CF 系聚合物堆积的裸硅(ベアシリコン)作为工作台,由静电吸附电源加 +2500V 的矩形波时的结果。实线表示的为静电吸附电压的波形,黑圆点表示的为微颗粒数。在加电压的瞬间,有许多(60 个以上)微颗粒飞散。

[0064] 如图 4 和图 5 所示,飞散的微颗粒可利用激光散射来检测。图 4 为在堆积 CF 系聚合物的裸硅上加上 +2500V 时,拍摄飞散的微颗粒的图象。它表示多个微颗粒从工作台表面飞散。如图 5 所示,摄影是以激光作为平板上的光束,照射在工作台上 3~4mm 左右的地方,从侧面用 CCD 照相机拍摄的图象。

[0065] 图 6 为使加在工作台上的电压变化,作出飞散的微颗粒的图形。横轴为所加的高电压,纵轴为微颗粒数。在 1000V 时看不到飞散,在 2000V 时有 10 个左右的微颗粒飞散,在 2500V 时有 60 个以上的微颗粒飞散。为了使微颗粒飞散所加的电压大小,与工作台表面的介电质的介电常数和厚度、微颗粒的介电常数和大小有关,在氟化碳系的微颗粒附着在等离子体蚀刻装置中使用的氧化铝陶瓷表面的静电吸附工作台上的情况下,如果加上大约  $\pm 1500\text{V}$  以上的电压,则可以使微颗粒飞散除去。

[0066] 另外,这时为了有效地除去飞散的微颗粒,可使氮等气体流入,并利用泵吸入气体,使飞散的微颗粒,随着气体的流动排出。在以下说明的实施中,可以采用使气体流入排出飞散的微颗粒的方法。

[0067] 这里,为了加电压使用静电吸附电极,也可以具有专用的电源。又如上所述,所加电压的极性正负都可以。这样,在基板处理前,当基板不在工作台上时,采用这种方法,可防止微颗粒附着在基板背面。

[0068] (实施方式 2)

[0069] 如实施方式 1 所示,在利用工作台表面和微颗粒的介电常数不同的情况下,为了提高效果,可利用具有介电常数比预计附着的微颗粒的介电常数充分大的材料来覆盖工作台表面。一般,在附着硅的微颗粒而污染工作台表面的情况下,由于硅的介电常数为 11 左右,如果用下述的介电常数比 11 大很多材料覆盖工作台表面,可得到更大的效果。

[0070] 例如: $\text{Bi}_2\text{O}_3$ (介电常数为 18.2), $\text{CuO}$ (介电常数为 18.1), $\text{FeO}$ (介电常数为 14.2), $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (介电常数为 46), $\text{KIO}_3$ (介电常数为 16.85), $\text{PbBr}_2$ (介电常数  $> 30$ ), $\text{PbCl}_2$ (介电常数为 33.5), $\text{PbCO}_3$ (介电常数为 18.6), $\text{PbI}_2$ (介电常数为 20.8), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (介电常数为 16.8), $\text{PbO}$ (介电常数为 25.9), $\text{PbSO}_4$ (介电常数为 14.3), $\text{SrSO}_4$ (介电常数为 18.5), $\text{TiO}_2$ (介电常数为 85.6~170), $\text{TlBr}$ (介电常数为 30.3), $\text{TlCl}$ (介电常数为 31.9), $\text{TlI}$ (介电常数为 21.8), $\text{TlNO}_3$ (介电常数为 16.5),环己醇(介电常数为 16.0),丁二晴(介电常数为 65.9)

等。

[0071] (实施方式 3)

[0072] 在实施方式 1 中,作用在微颗粒上的力,在加电压期间都起作用,而如图 3 所示,在电压变化(特别是加电压的)的时间内,微颗粒飞散非常多。由于利用这点,可以使所加电压作为矩形波,连续的加在工作台上。这样,在加电压时和停止时,可以有效地使微颗粒飞散。为了促进微颗粒飞散,电压的变化不仅限于矩形波,脉冲波、正弦波等波的形状可以任意。

[0073] 理由是,在最初加电压时,容易飞散的微颗粒飞散了,即使有不飞散的微颗粒,通过在一端去除所加的电压,加上新的电压,可以给予飞散的机会。另外,利用交流电源的交流也可得到同样的效果。交流的频率越高,效果越大。

[0074] (实施方式 4)

[0075] 本实施方式是利用库仑力使微颗粒飞散。在工作台和微颗粒的介电常数大致相等(接近)的情况下,不能利用麦克斯韦应力式的第二项的力,而要利用第一项的库仑力。即:有意地使工作台上的微颗粒带电,将与微颗粒带电的极性相同的电压加在工作台上,利用静电的相斥力而飞散。为了使工作台上的微颗粒带电,在基板不放在工作台的状态下,在上部空间中生成等离子体。生成的等离子体的带电颗粒到达工作台上,使微颗粒带电。在这种情况下,生成等离子体所用的气体可以采用氩、氦、氧、氮等,本质上必需为不蚀刻工作台材质的材料。另外,必需选择控制参数(功率、压力、流量等),使不会因物理喷溅而蚀刻工作台表面。

[0076] 因为工作台利用自偏压电压而带负电,因此,工作台上的微颗粒带负电。因此,通过将负电压加在工作台上,可使微颗粒从基板飞散。

[0077] (实施方式 5)

[0078] 在实施方式 4 中,利用等离子体,使附着在工作台上的微颗粒带负电,但使微颗粒带电的方法不仅是限于此。例如,利用紫外光、真空紫外光照射,放出光电子,而带正电方法;或利用离子照射带正或负电的方法;利用 X 射线、软 X 射线照射放出电子而带正电的方法等,这些方法可以任意使用。利用某种方法使微颗粒带电,再通过将与该带电同极性的电压加在工作台上,可能有效地使微颗粒飞散。

[0079] (实施方式 6)

[0080] 本发明者进行了实验:在短时间内将大气压大小的气体大量地导入保持在  $1.3 \times 10^{-2} \text{Pa}$  ( $1 \times 10^{-4} \text{Torr}$ ) 左右以下压力的减压室中,由压力差产生最大的音速的冲击波,使该冲击波到达工作台上的微颗粒,可以有效地使微颗粒飞散。在气体导入中通常使用排气泵排气。

[0081] 例如,对于配置在减压处理室中的裸硅,微颗粒为  $\text{SiO}_2$ ,以大气压左右的压力导入  $\text{N}_2$  气。利用工作台上的浇淋头导入  $\text{N}_2$  气。利用腔室的泄露使工作台减压处理室的压力升压。图 7 和图 8 表示导入  $\text{N}_2$  气的结果的一个例子。

[0082] 图 7 表示减压处理室的压力为  $6.7 \times 10^{-2} \text{Pa}$  ( $5.0 \times 10^{-4} \text{Torr}$ ) 时,微颗粒的飞散。图 8 表示在  $1.3 \times 10^{-2} \text{Pa}$  ( $1 \times 10^{-4} \text{Torr}$ ) 下微颗粒的散乱。这里取得的是从  $\text{N}_2$  气导入 3 秒内的激光散射图象。

[0083] 为了使多数微颗粒飞散,必需压力在  $1.3 \times 10^{-2} \text{Pa}$  ( $1 \times 10^{-4} \text{Torr}$ ) 以下,在



$1.3 \times 10^2 \text{Pa}$  ( $1 \times 10^0 \text{Torr}$ ) 下,使微颗粒飞散的效果几乎没有。另外,还进行了实验:在导入气体后引起微颗粒飞散,全体微颗粒的 60 ~ 70% 飞散。

[0084] 图 9 为验证  $\text{N}_2$  气引起的飞散效果的实验结果。与先前的例子同样,它表示在将  $\text{SiO}_2$  作为微颗粒附着在裸硅上后,在  $1.3 \times 10^2 \text{Pa}$  ( $1 \times 10^0 \text{Torr}$ ) 下导入  $\text{N}_2$  气的结果。这时,取得微颗粒的散射光,利用辉度值评价微颗粒的量。纵轴表示总的灰度等级值即散射强度。通过实验和最初的气体导入引起的飞散,使微颗粒全体的 60 ~ 70% 飞散,在第二次导入时,微颗粒少量飞散,第三次导入气体时几乎不飞散。因此,利用导入气体飞散除去微颗粒,只进行二次就可以。

[0085] 导入的气体可以使用氮、氧、氩等任意的任意的气体。另外,必需配置导入孔的形状和地点,使冲击波可以到达微颗粒。在从浇淋头导入气体的情况下,细的孔密集,打开的数量多,因此从浇淋头发出的冲击波可以影响全部工作台,效果最好。即使使用浇淋头,如上所述,全体微颗粒的 60 ~ 70% 飞散显示了显著的效果。

[0086] (实施方式 7)

[0087] 本实施方式利用热应力或热泳动力,采用控制工作台温度的方法,通过使工作台从通常的使用温度大大升温或降温,诱发由热应力产生的微颗粒剥离。另外,通过将工作台维持在高温,保持规定的压力,可以利用产生的热泳动力,使微颗粒远离工作台。

[0088] 所谓热泳动是在具有温度梯度的气体中的物体,从高温侧的分子接受比从低温侧的分子大的运动量,受到与温度梯度反方向的力,向低温侧方向移动的现象。热泳动力决定于腔室内压力,与微颗粒表面附近的温度梯度有关。

[0089] 图 10 为表示加热工作台,使微颗粒飞散的实验结果的图形。该实验以附着  $\text{SiO}_2$  颗粒的 Si 作为工作台进行实验。在压力为  $1.3 \times 10^2 \text{Pa}$  ( $1 \text{Torr}$ ) 下,由于工作台上部的浇淋头维持低温,从上部浇淋头导入  $\text{N}_2$  气。横轴表示温度差,纵轴表示在 1 分钟内计数的颗粒数。从图中可看出,从  $50^\circ\text{C}$  左右上升的时刻,微颗粒开始飞散,当超过  $250^\circ\text{C}$  时,有相当数量的微颗粒飞散。

[0090] 根据使压力变化,同时加热的另一个实验,在  $1.3 \text{Pa}$  ( $0.01 \text{Torr}$ ) 下,几乎看不见飞散,因此,可看出热泳动力对微颗粒飞散影响很大。另外,根据另一个实验可看出,飞散的微颗粒具有初速度,由热应力和热泳动力的合力作用而剥离,热泳动力使微颗粒飞散。在本实施方式中, $\text{N}_2$  气导入作为上部电极的浇淋头中,增加温度梯度,利用其他方法也可以。

[0091] (实施方式 8)

[0092] 通过将超声波振动给与工作台表面,促使微颗粒的飞散。即:利用超声波振动可以削弱微颗粒附着在基板上的力。因此,除了实施方式 1 ~ 7 以外,通过给与超声波振动,可以有效地使微颗粒飞散。给与超声波振动的方法,可以将压电元件接续在与工作台以硬质个体连接的部分而施加电压的方法为首,可采用适当的方法。

[0093] 另外,只给与如超声波振动那样的机械振动,也可使微颗粒飞散或剥离。图 12 为表示利用超声波振动使微颗粒飞散的效果的实验例子。它是用扫描微颗粒检测器 (scanning particle detector) 检测的结果,图中横轴为时间,纵轴为用检测器计算的信号。从图中可看出,检测开始时,检测在排线管中的残留微颗粒,逐渐地检测的微颗粒减小。同时,在图示的期间 (大约 30 秒 ~ 130 秒和大约 150 ~ 180 秒),当给与超声波振动时,有超过检测开始时得到的微颗粒数的微颗粒剥离或飞散。给与超声波的时间不需特别衰减,

可以间歇地产生微颗粒。因为不给予超声波的时间,几乎没有微颗粒产生,因此可看出给与超声波的效果大。

[0094] 另外,不给与超声波,而通过部件移动,给与机械振动,也可使附着的微颗粒飞散或剥离。特别是多数情况下工作台可在处理室内上下移动,在移动工作台或移动后停止时,产生机械振动,使微颗粒飞散或剥离的效果大。这点在以后详细说明。

[0095] (实施方式 9)

[0096] 通过将迄今说明的方法组合,可得到除去微颗粒相乘的效果。将所有可能的方法组合也可以,有选择地将几种方法组合也可以。组合的方法是任意的,如果可以同时实施,则同时实施,顺序地实施也可以。如果不同时实施,顺序实施也可以。另外,反复这些实施方式,反复进行实施方式的组合,可得到大的效果。

[0097] 例如,采用首先导入气体,将冲击波引起的力给与微颗粒(实施方式 6),然后加高电压(实施方式 2 和 3),在此期间加热工作台(实施方式 7)的方法,也可以将其反复而来使用。同时实行这些方法也可以,反复实行也可以。特别是如上所述,可以二次利用冲击波。

[0098] (实施方式 10)

[0099] 在实施方式 1~9 中,说明了工作台的清洁方法,对于聚焦环等附属于工作台的部件也适用,可得到同样的效果。对于减压处理室内的必需清洁的部件也适用。也可得到同样的效果。

[0100] (实施方式 11)

[0101] 实施本发明方法时,利用图 11 所示的微颗粒检测装置,检测微颗粒的飞散,可以进行工作台的清洁度评价。通过检测出微颗粒在规定数目以下,可以检测工作台清洁的结束。

[0102] 图 11 表示利用激光散射光的飞散微颗粒检测装置。在减压处理室 100 中具有放置基板的工作台 110。从激光源 20 发出的激光 R,通过激光器等光学系统 30,从入射窗 120 入射在处理腔室。激光 R 通过光学系统 30,在工作台 110 的上部空间中形成平板上的光束。激光 R 在工作台上直线前进,被本发明方法飞散的微颗粒散射后的散射光 S,通过出射窗 130,入射在 CCD 照相机 40 上。在工作台 110 上直线前进的光,入射到光束阻尼器 140 而被吸收。入射在 CCD 照相机 40 上的散射光 S 变换为电气信号,输入个人计算机那样的信号处理装置 50 中,在显示部 51 上显示飞散颗粒的图象。在本例子中,取得作为动画而变化的图象,也可以取得静止画象。另外,从处理装置控制器 60 发出的控制信息,通过 A/D 变换器 70,输入信息处理装置 50 中。信息处理装置 50,根据该信息,通过脉冲发生器 80,控制激光光源 20 和 CCD 照相机 40。

[0103] 控制入射在处理室 100 中的激光 R,使它入射在可靠地捕捉飞散微颗粒的位置。为了检测工作台附近的飞散微颗粒,例如是激光为在工作台上 3~4mm 高度的光,为了检测超过该高度以上的飞散微颗粒,可以入射覆盖该高处部分的高度的光。

[0104] 另外,光源不是限于激光光源,可以使用灯,光检测器也可以为光电倍增管等任意的装置。作为检测器的 CCD 照相机,应配置成可捕捉与入射光 R 垂直方向的散射光 S,配置成具有其他角度也可以,将多个检测器配置成适当的角度也可以。

[0105] 图 4、7、和 8 为摄影例子。可看出,飞散微颗粒被清楚地捕捉。

[0106] (实施方式 12)

[0107] 通过剥离附着在腔室壁面上的微颗粒,来研究夹在气体流中除去清洁处理。为了有效地使微颗粒夹带在气体流中,必需将腔室内压力保持在一定压力( $1.3 \times 10^3 \text{Pa}$ (10Torr))以上。在剥离微颗粒阶段,可以使用本发明的任一方法,但在处理腔室等具有静电吸附晶片的机构的真空腔室中,采用利用加高电压产生的麦克斯韦应力,剥离微颗粒的方法。另外,作为真空腔室,在处理腔室以外,还有负载锁定组件、转送腔室、盒腔室等真空输送腔室。

[0108] 图 13 表示实施本实施方式的清洁处理的装置的一个例子。图 13 为附加图 1 中省略的通气管道和排气系统与装填晶片用的闸门的等离子体蚀刻装置的图。与图 1 相同的符号表示相同的部分。本实施方式的通气管路 13 为使  $\text{N}_2$  等清洁气体流动用的流路,由管路和阀构成,没有流量控制装置那样的小孔结构。另外,通气管路 13 可兼作导入反应气体的流路使用,这时,从浇淋头 9 导入清洁气体。在这种情况下,在作为通气管路的流路中,不设置小孔结构。当有小孔结构时,会阻碍气体流动,不会产生冲击波。排气系统具有作为主泵的涡轮分子泵 (TMP) 14,在其背后具有作为粗抽取用泵的干泵 (DP) 15。另外,设有晶片搬入搬出用的闸门 17。

[0109] 图 14 表示本实施方式的清洁处理顺序。处理开始,首先,在步骤 S 1 中,通过关闭自动压力控制阀 (APC) (图中没有示出),关闭涡轮泵 14 的主排气管路,打开干泵 (DP) 15 的粗抽取用管路 16。

[0110] 其次,在步骤 S2 中,以 70000cc/分的大流量,从通气管路 13 导入  $\text{N}_2$  气。从通气管路 13 大量导入  $\text{N}_2$  气,使压力急剧上升,腔室 1 内的微颗粒剥离。剥离的微颗粒从粗抽取管路 16 排出。

[0111] 在步骤 S3 中,根据粗抽取用泵 15 的性能和  $\text{N}_2$  的流量,使腔室内压力稳定在一个值上。在步骤 S4 中,在这个状态下,由静电吸附电源 15,反复给工作台加正或负的高电压。例如,反复加 +3kV 和 0V。如先前所述,根据麦克斯韦应力,附着在腔室内壁的微颗粒剥离。剥离的微颗粒与  $\text{N}_2$  气一起排出。在步骤 S5 中,当规定次数的加直流高电压结束时,停止导入  $\text{N}_2$  气。由于粗抽取用管路开放,接着进行粗抽取。

[0112] 在步骤 S6 中,关闭粗抽取管路的阀,打开 APC,在主抽真空管路中,利用涡轮泵 15 抽至规定压力(例如  $1.3 \times 10^{-2} \text{Pa}$ (0.1mTorr))。根据需要,可以反复进行该流程整体。

[0113] 为了确认这种清洁方法的效果,使腔室内压力变化,利用实施方式 11 中所述的激光散射法,检测通过排气管路(粗抽取管路)的微颗粒个数。结果表示在图 15 中。

[0114] 图 15 中横轴为腔室内的压力,纵轴上为微颗粒(即颗粒)的计算数。从该图中可看出,当腔室内压力小于大约 1333.22Pa(10Torr)时,在排气管路中完全没有数到微颗粒。从超过大约 1333.2Pa 起,可以数到微颗粒,以下,随着腔室内压力升高,除去的微颗粒增多。

[0115] 在小于约 1333.22Pa(10Torr)时,没有微颗粒通过排气管路,说明在压力低的情况下,给与微颗粒的气体粘性力小。因此,为了排出微颗粒,腔室内压力越高,效果越大。例如在  $6.7 \times 10^3 \text{Pa}$ (50Torr) 或以上的压力带中实施优选。

[0116] 在步骤 S4 中实施的剥离微颗粒的方法为利用麦克斯韦应力的高电压施加,但不用这种方法,使用以上所述的任何一种微颗粒剥离方法也可以。即:利用库仑力也可以;利用急剧导入气体引起的冲击波也可以;控制工作台温度,利用热应力或热泳动力也可以;

给与机械振动也可以。

[0117] (实施方式 13)

[0118] 在实施方式 12 中,为了优先使微颗粒夹在气体流中排出,要在较高压力的气氛中施加剥离微颗粒的高电压。然而,为了有效地利用由加高电压产生的麦克斯韦应力,剥离或飞散微颗粒,在低压力气氛下进行效率更高。另外,如实施方式 6 所述,利用冲击波使微颗粒飞散,在较低压力下进行效率高。

[0119] 在本实施方式中,作为前处理,预先在低压下导入清洁气体或加高电压后,实施实施方式 12 的清洁工序。即:在前处理阶段,在低压气氛下,使微颗粒从腔室内壁剥离,然后,提高压力,将剥离的微颗粒排出。这样,微颗粒的剥离效果好,除去剥离的微颗粒效果好。

[0120] 图 16 表示本实施方式的前处理的流程图。当开始前处理时,首先在步骤 S11 中,将腔室内压力控制为实际处理时使用的压力(例如 0.2Pa(150mTorr)),导入 N<sub>2</sub> 气。再使用主排气管路,利用涡轮泵 14 真空排气,在规定压力下维持该状态。在这种情况下,由冲击力引起的微颗粒剥离较大。

[0121] 其次,在步骤 S12 中,为了剥离附着在腔室内壁的微颗粒,进行利用麦克斯韦应力的加高电压。加高电压的方法与图 13 的步骤 S4 相同。相对于图 13 的步骤 S4 腔室内压力为  $6.7 \times 10^3 \text{Pa}$  (50Torr),这次前处理中为 2.0Pa(0.15Torr)。

[0122] 在步骤 S13 中,停止导入 N<sub>2</sub> 气,用涡轮泵抽真空至  $1.3 \times 10^{-2} \text{Pa}$  (0.1mTorr) 左右。根据需要,再次重复该处理。当反复规定次数后,前处理结束时,移至图 14(实施方式 12)的流程。由于进行这种前处理,当进入实施方式 12 的本处理时,与不进行前处理的情况比较,可以剥离或飞散更多的微颗粒,可除去更多的微颗粒。

[0123] 作为在该前处理阶段剥离微颗粒的方法说明了利用麦克斯韦应力的加高电压,可以不用这个方法,而利用库仑力也可以;利用急剧导入气体产生的冲击波也可以;控制工作台温度,利用热应力或热泳动力也可以,给与机械振动也可以。

[0124] 图 17 为不进行和进行前处理的情况下,看微颗粒数如何变化的图形。图中的横轴为实际的蚀刻处理次数,纵轴表示的晶片残存的颗粒数(即微颗粒数)。次数 1 表示腔室的初期状态,微颗粒附着近 3000 个。以后至次数 7,进行没有前处理的微颗粒除去处理,再进行实际的蚀刻处理,从次数 7 至次数 8 之间,没有除去微颗粒,从次数 8 至次数 11 进行带前处理的微颗粒除去处理。

[0125] 根据图 17,当反复进行没有前处理的微颗粒除去处理时,微颗粒数可减少至 1000 个左右,即使增加处理次数,减少也不超过这个数。以后在同一个腔室中的相连的实验在从次数 7 至次数 8 不进行微颗粒除去处理的条件下,在回到次数 8 所示的初期状态后,进行带前处理的微颗粒除去处理。微颗粒数可减少至 500 个以下。图 17 的例子是在微颗粒多的状态下进行的,在进行带前处理的微颗粒除去处理后,残存的微颗粒数也多。

[0126] 图 18 为表示利用通常的批量生产装置进行本发明的带前处理的微颗粒除去,实行批量生产的,晶片上的微颗粒数与微颗粒除去次数的相关的图形。横轴为带前处理的微颗粒除去(NPPC:非等离子体颗粒清洁)的次数,纵轴为微颗粒的计算数。在装置准备好后,直径为 200nm 以上的微颗粒( $\geq 200\text{nm}\phi$ )小于 140 个,当实施处理进行三次带前处理的微颗粒清洁时,减少至 10 个,一般可达到所谓颗粒规格的 20 个以内。这样,当在装置建立后等发生微颗粒污染时,通过进行本实施方式,代替现有的试运行或干燥处理或泵清洗,可以

大幅度减少微颗粒污染。

[0127] (实施方式 14)

[0128] 如实施方式 8 所述,通过给与机械振动,可引起微颗粒飞散。本发明者在晶片工作台移动中或移动停止时,发现以机械振动作为原因的微颗粒飞散。微颗粒飞散不是仅在晶片工作台上,从与晶片工作台相对的上部电极等其它内壁上也有剥离。晶片工作台移动引起的振动,可通过在腔室内残存的气体传递。在本实施方式中,在实施方式 12 所述的微颗粒除去工序中导入晶片工作台的驱动顺序,可提高剥离效果。本实施方式的流程,在实施方式 13(图 13)的流程中的步骤 S3 和步骤 S4 之间追加步骤 S35,其他相同。

[0129] 图 19 表示步骤 S35。在步骤 S3(图 13)中,导入  $N_2$  气,将压力维持在大约  $6.7 \times 10^3 Pa$  (50Torr) 后,在步骤 S4 中加高电压。作为步骤 S35,反复驱动晶片工作台,反复多次移动晶片工作台。所引起的振动,可剥离或容易剥离附着在腔室内壁上的微颗粒,以后,加高电压容易剥离微颗粒。

[0130] 当用激光散射法(实施方式 11)移动观测晶片工作台时,观测到在晶片工作台上升停止的瞬间飞散的微颗粒。这是由于晶片工作台停止的瞬间的机械振动,使微颗粒的附着力暂时降低,附着在晶片工作台的微颗粒,由惯性力向上方飞散,附着在上部电极上的微颗粒,靠重力落下。这时,微颗粒的剥离效果比加高电压大,剥离的微颗粒,在  $1.3 \times 10^3 Pa$  (10Torr) 以上的压力下,由流动的  $N_2$  气等气体有效地排出。

[0131] 图 20 表示使晶片工作台上升时的颗粒数和移动速度的关系。图 20 中的横轴为晶片工作台的移动速度,左边的纵轴为微颗粒的观测率,右边的纵轴为加速度传感器的值。微颗粒观测率为微颗粒观测次数相对于工作台驱动次数的比,它与剥离的颗粒数成比例。另外,加速度传感器的值表示晶片工作台停止时的振动。从图中可看出,为了得到本实施方式的效果,希望移动速度快。这是由于晶片工作台的运动能量为剥离微颗粒的能量,该动能与运动的物体的质量成比例。又因为与速度的平方成比例,因此使质量大的晶片工作台高速移动停止时效果好。如图 20 的加速度传感器的值所示,移动停止时的移动速度越高,振动越大。

[0132] 本实施方式中,利用晶片工作台驱动时的振动,不但是晶片工作台,如果有附属于腔室的移动部件,也可以利用其移动时的振动。例如,可以利用驱动调整给予等离子体的磁场所用的磁铁回转机构、晶片搬送用的设在晶片工作台上的销子上下机构、和配置在搬入搬出晶片用的闸门上的挡板开闭机构时的振动。另外,如果没有使腔室发生振动的驱动部件,则设置产生振动的部件例如冲击驱动器的结构,也可以产生振动。

[0133] 另外,驱动部件的机械振动的利用,不是仅限这里所述的实施方式 14,也可以适用实施方式 13 的前处理。由于当给与机械振动时,容易使微颗粒飞散或剥离,因此也可以将本发明这种微颗粒飞散或剥离方法组合使用。

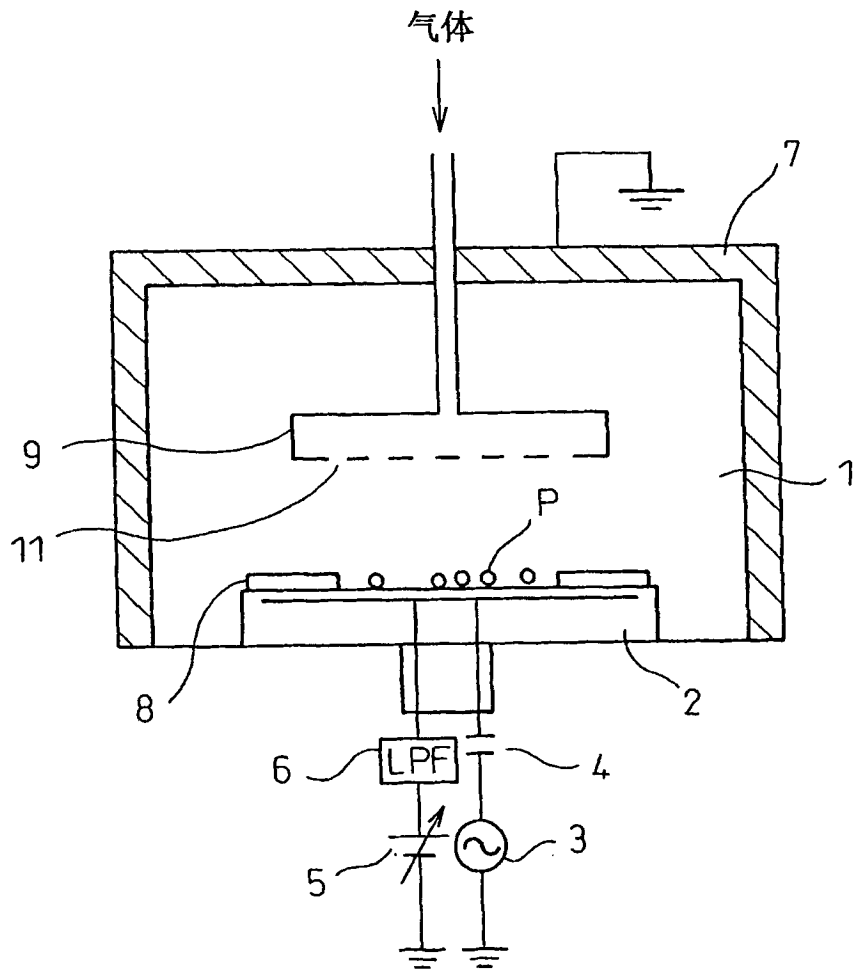


图1

工作台表面 (介电常数)	微颗粒(介电常数)	飞散量
Si( $\epsilon=11$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	多
Si( $\epsilon=11$ )	SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	少
SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	少
SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	无
保护膜( $\epsilon=3$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	少
保护膜( $\epsilon=3$ )	SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	少
三氧化二铝工作台( $\epsilon=9$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	多
三氧化二铝工作台( $\epsilon=9$ )	SiO <sub>2</sub> ( $\epsilon=4$ )	少
聚酰亚胺薄膜t=75微米( $\epsilon=2$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	少
聚酰亚胺薄膜t=125微米( $\epsilon=2$ )	CF系( $\epsilon=2$ )	无

图2

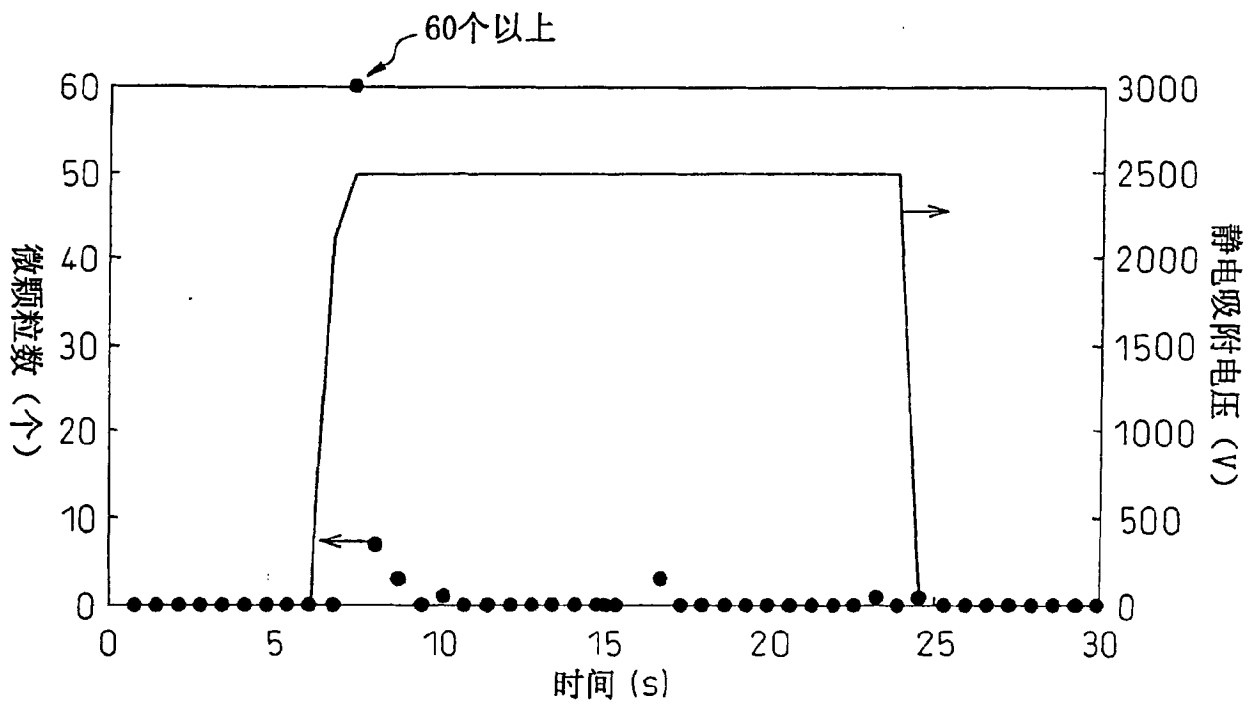


图3



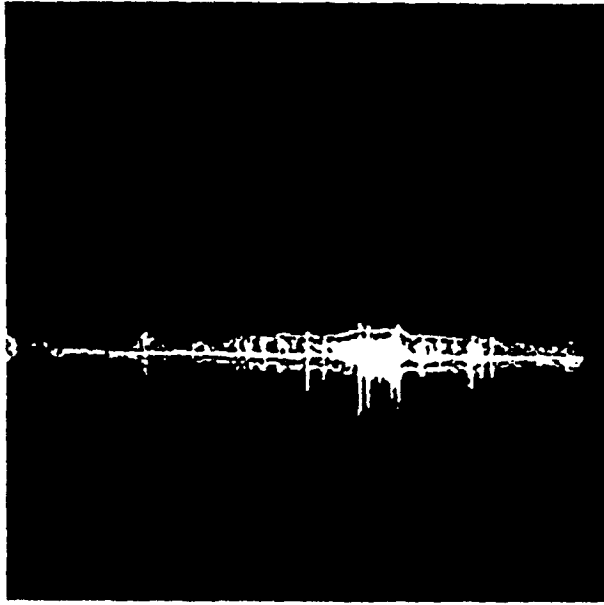


图4

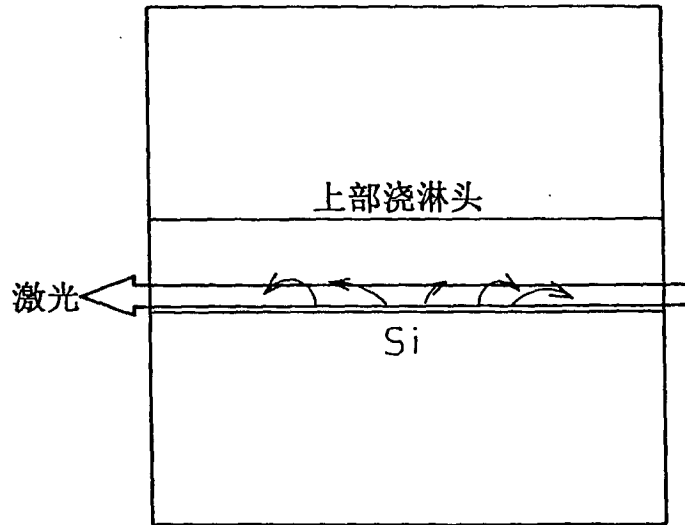


图5

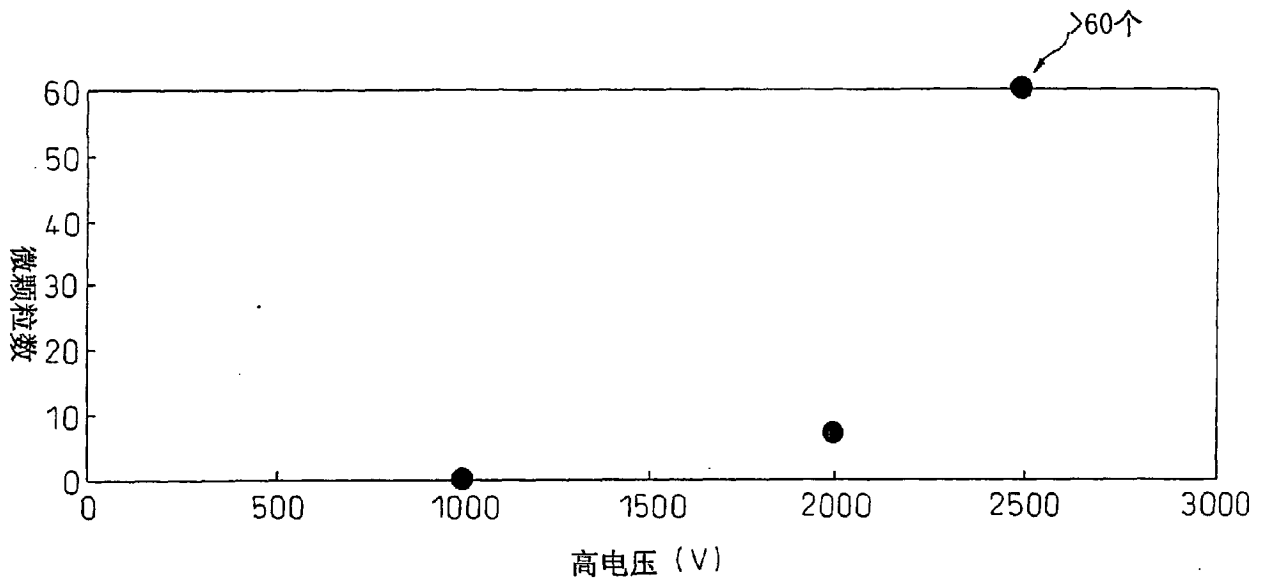
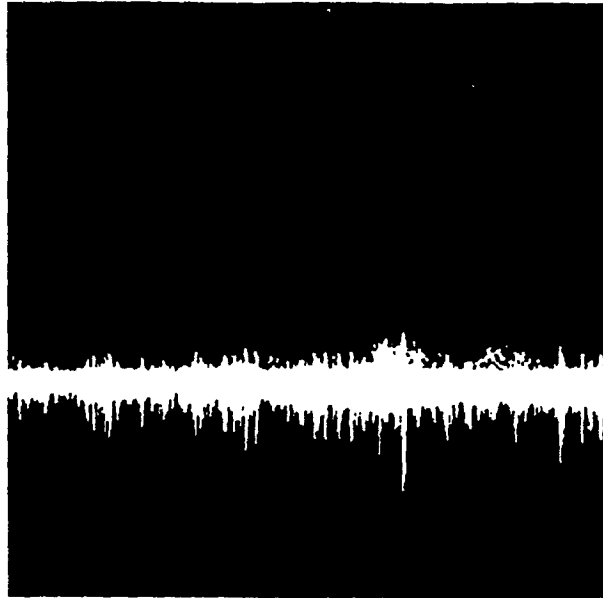
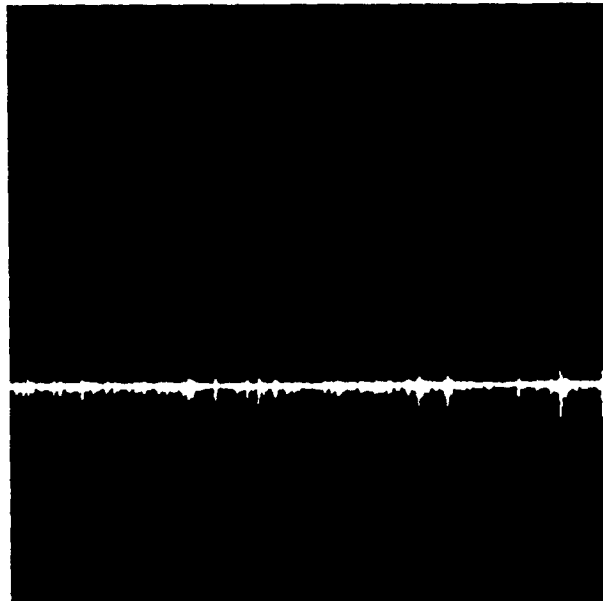


图6



$6.7 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  ( $5.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ )

图7



$1.3 \times 10^2 \text{ Pa}$  ( $1.0 \times 10^{-0} \text{ Torr}$ )

图8

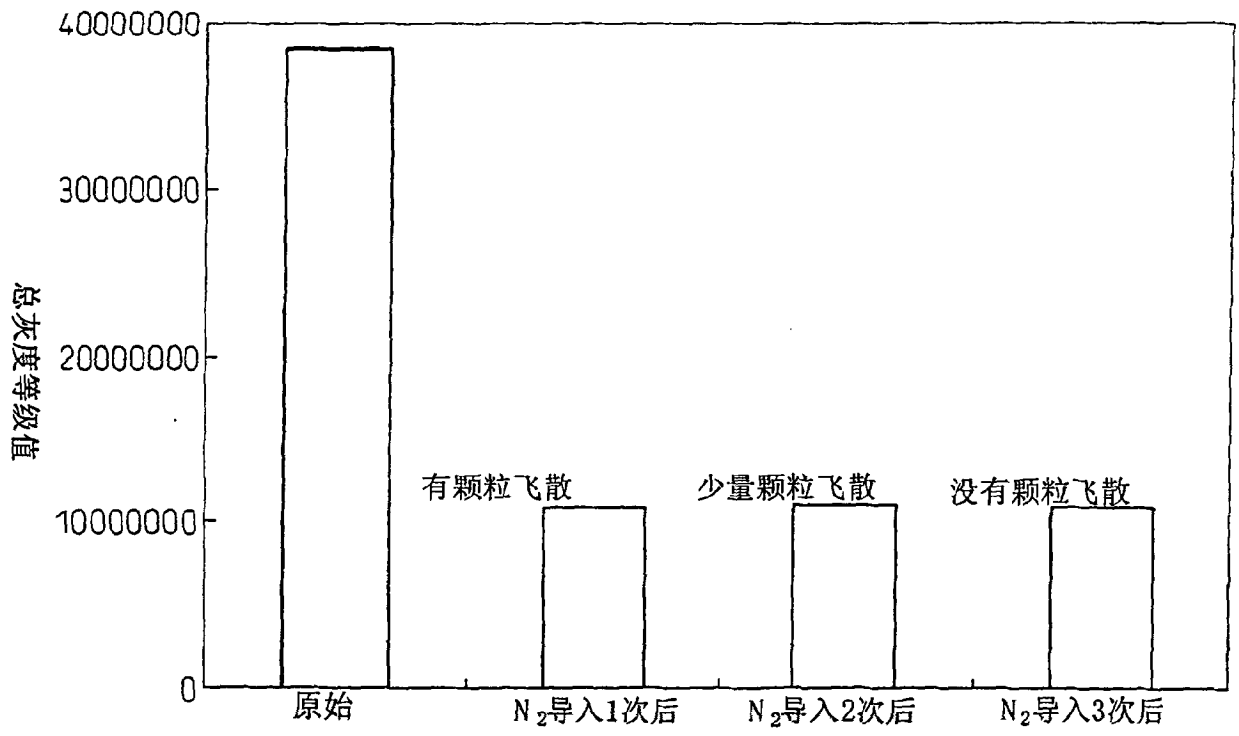


图9

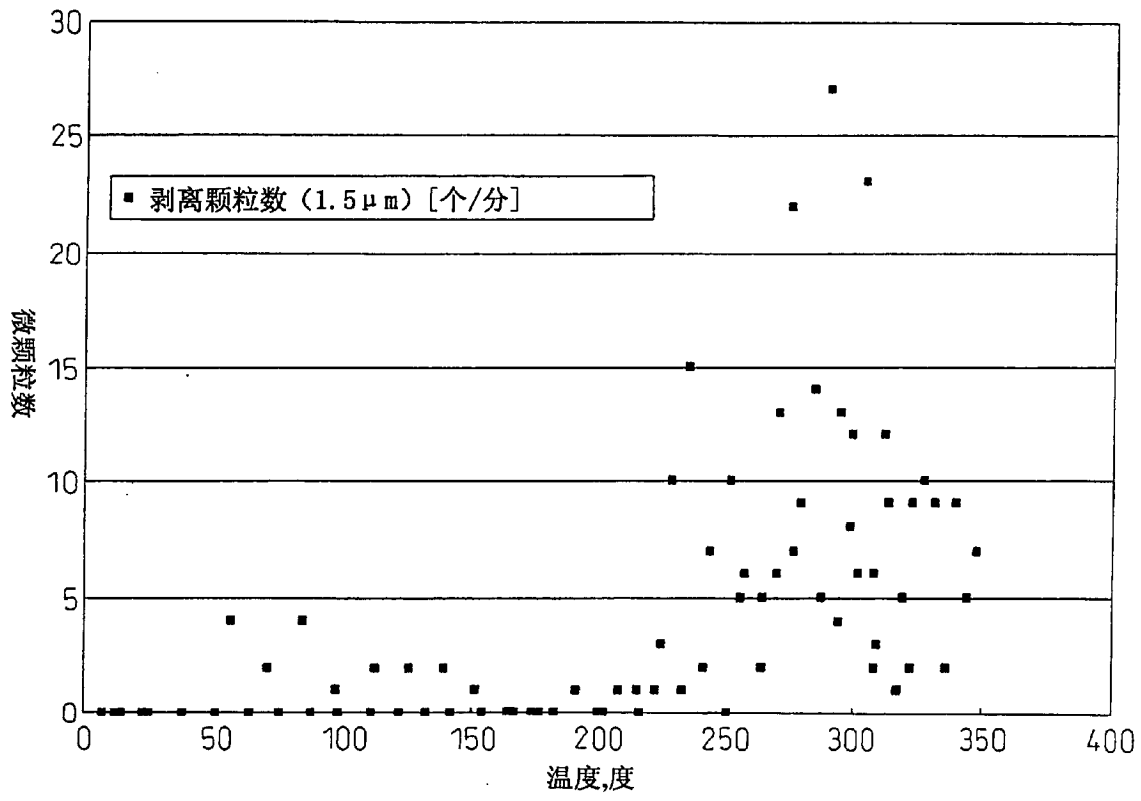


图10

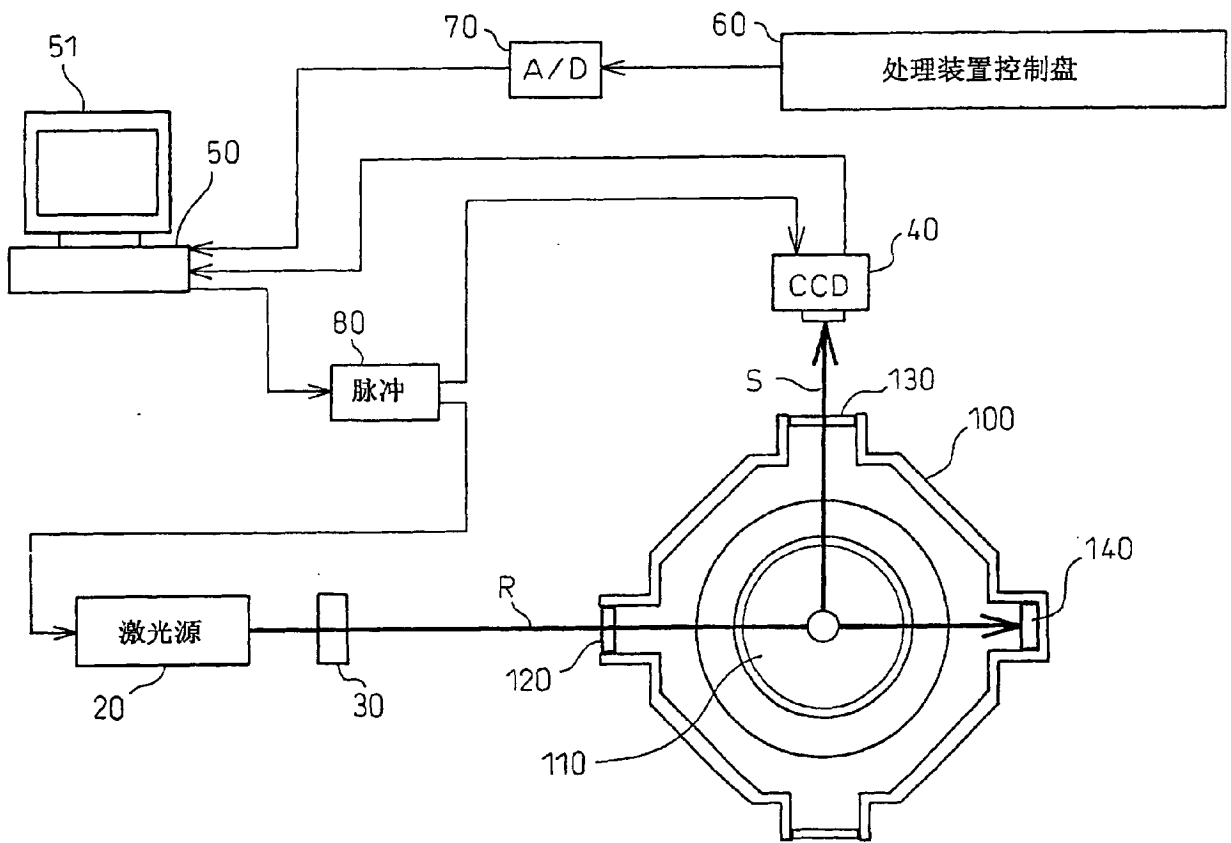


图11

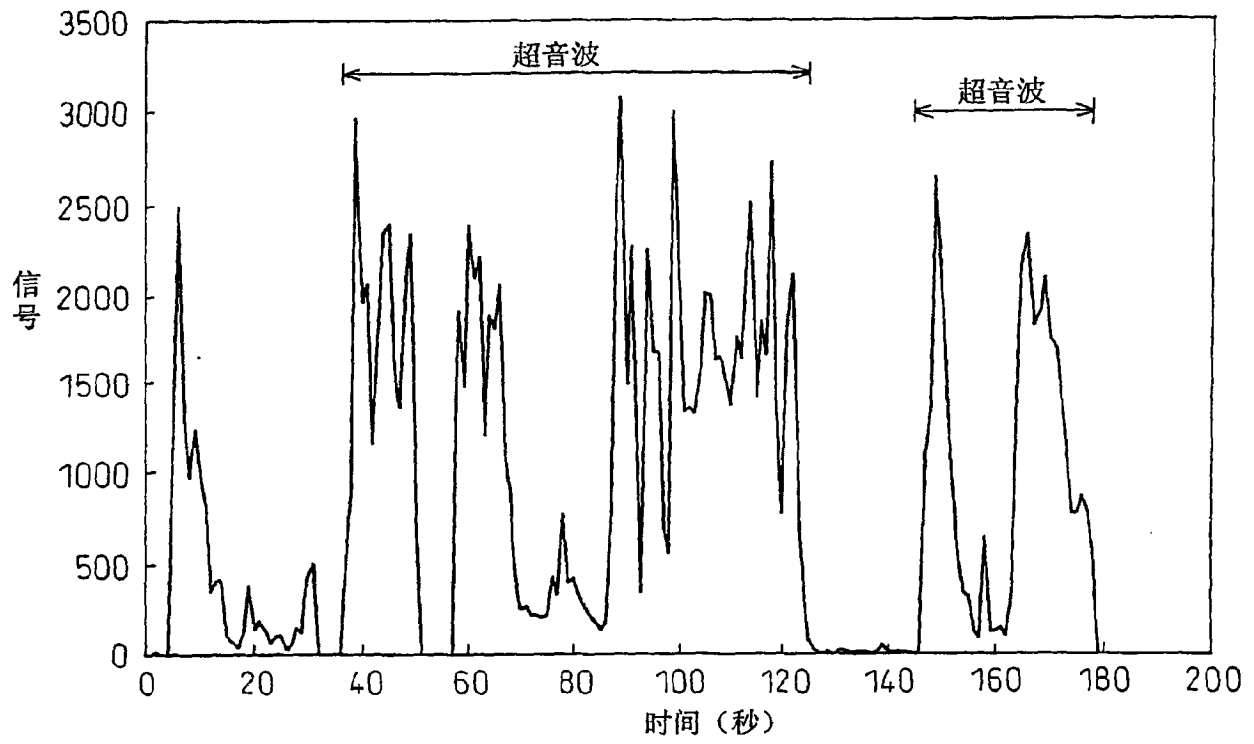


图12

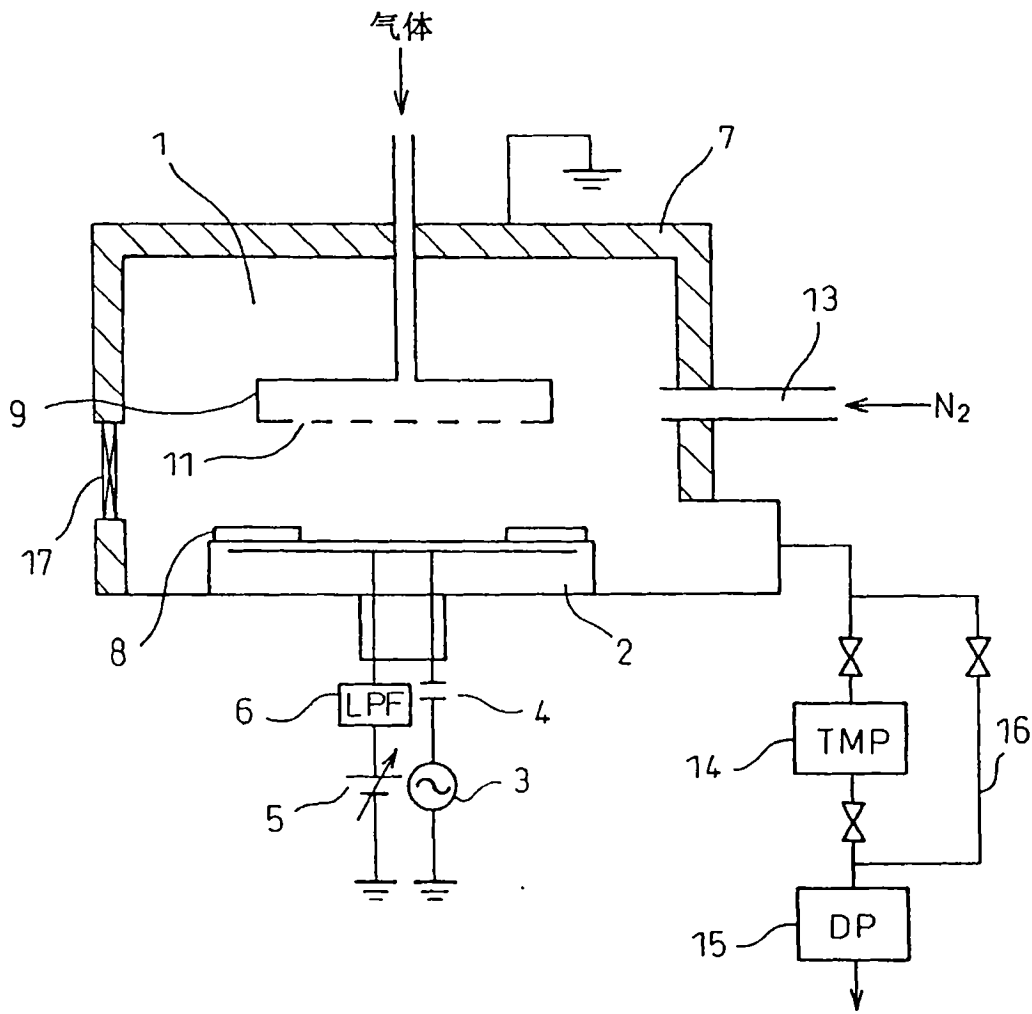


图13



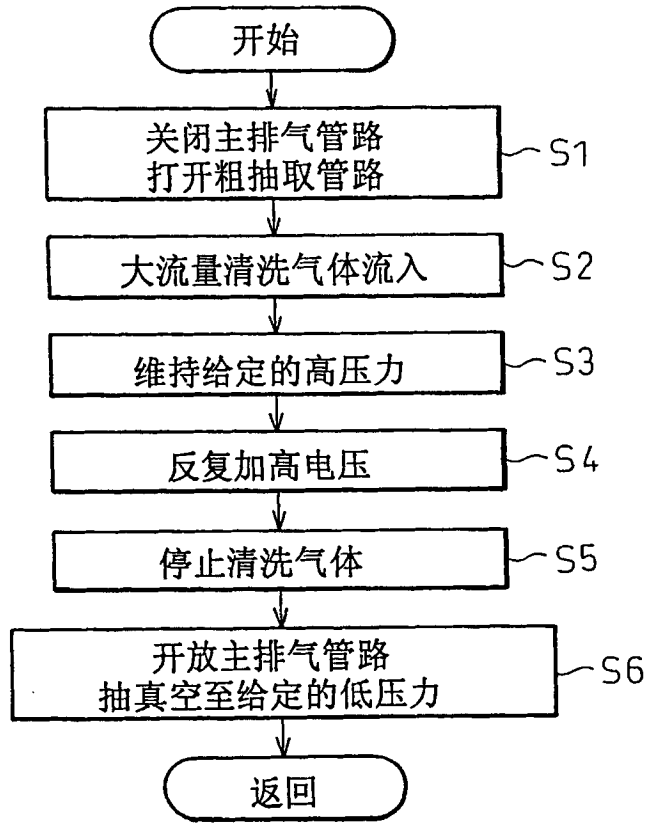


图14

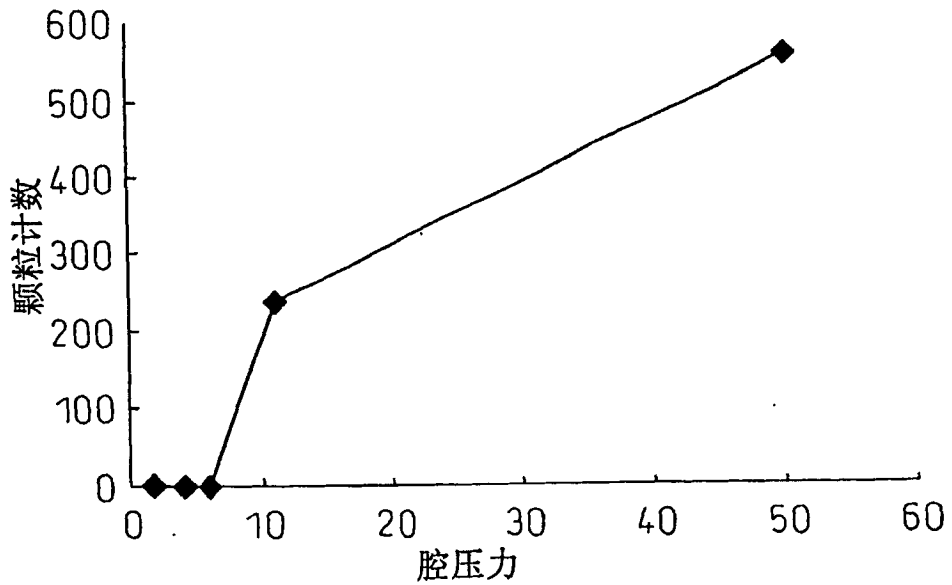


图15

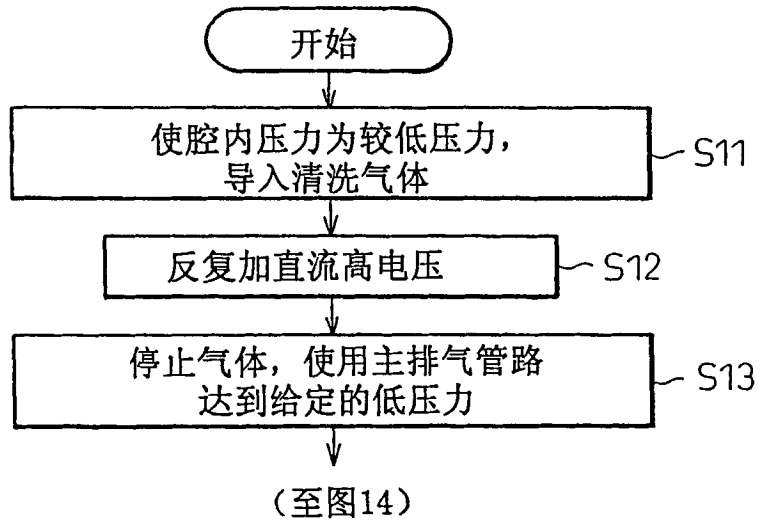


图16

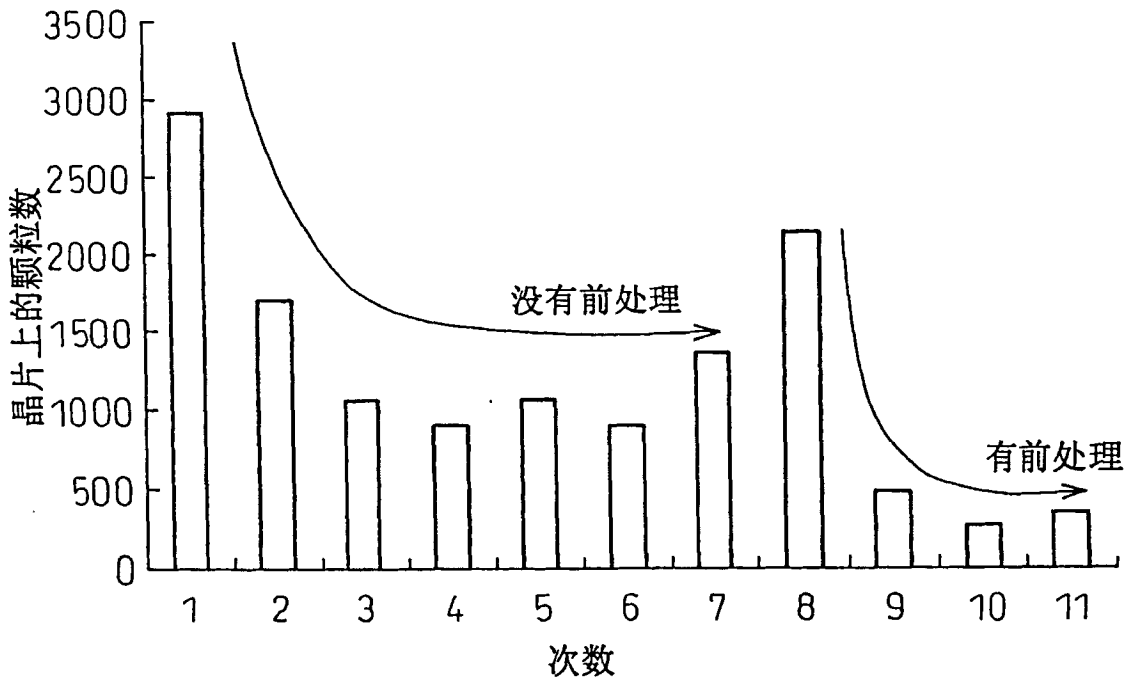


图17

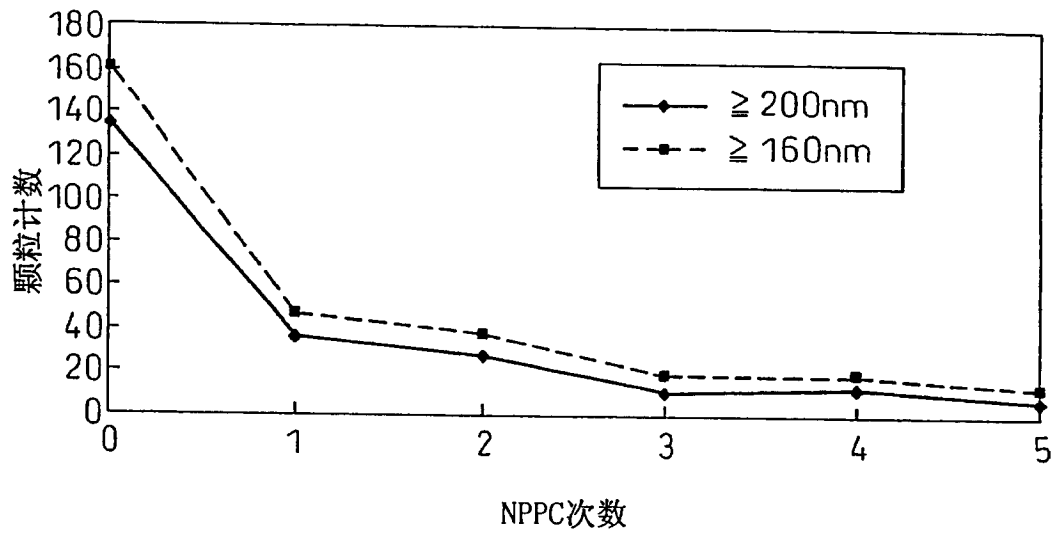


图18

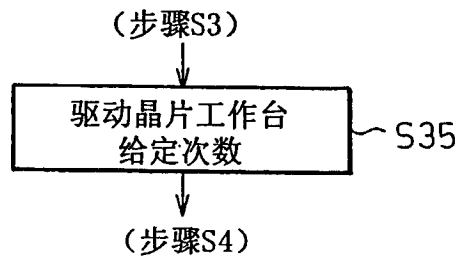


图19

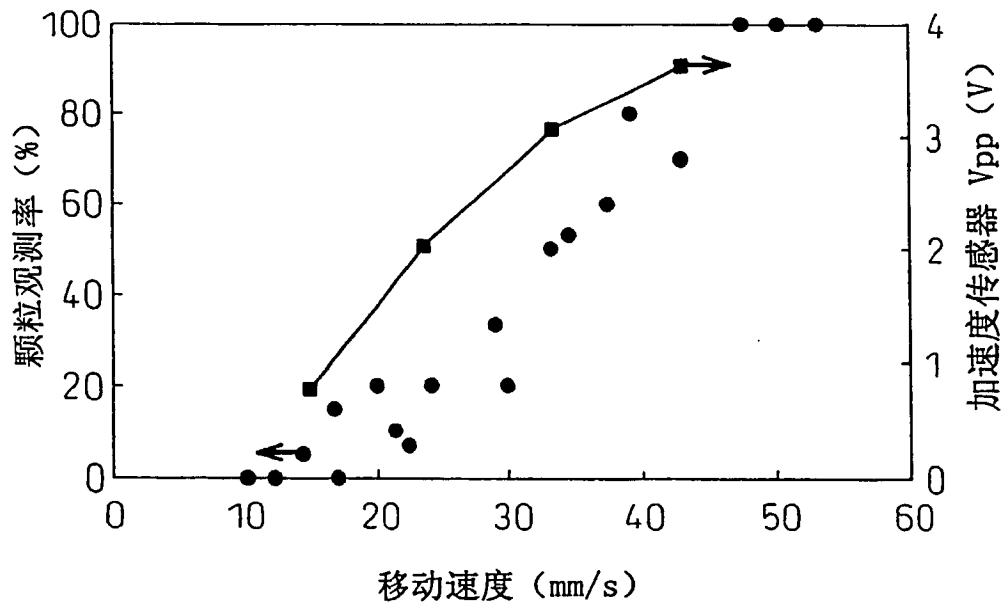


图20