



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103824767 B

(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201210464862.0

(22)申请日 2012.11.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103824767 A

(43)申请公布日 2014.05.28

(73)专利权人 中微半导体设备(上海)有限公司
地址 201201 上海市浦东新区金桥出口加工区(南区)泰华路188号

(72)发明人 严利均 倪图强

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 张龙哺 冯志云

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065(2006.01)

H01L 21/768(2006.01)

(56)对比文件

CN 102031525 A,2011.04.27,

CN 101764040 A,2010.06.30,

审查员 詹建新

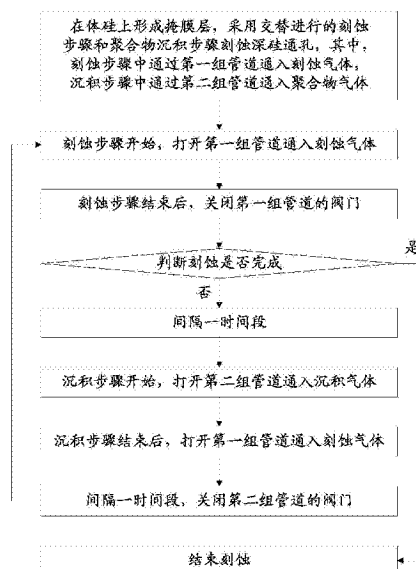
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种深硅通孔的刻蚀方法

(57)摘要

本发明提供一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,所述刻蚀步骤结束后,关闭第一组管道的阀门,间隔一时间段之后,打开第二组管道的阀门;或者所述沉积步骤结束后,打开第一组管道的阀门,间隔所述时间段之后,关闭第二组管道的阀门,本发明通过控制阀门开闭时间来精确控制气体反应时间,并且随孔深增加而调节相应的刻蚀参数,以此来解决深孔刻蚀中随孔深增加刻蚀速率减弱的问题。



1. 一种深硅通孔的刻蚀方法,包括以下步骤:在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,其特征在于:

所述刻蚀步骤结束后,关闭第一组管道的阀门,间隔一时间段之后,打开第二组管道的阀门;或者

所述沉积步骤结束后,打开第一组管道的阀门,间隔所述时间段之后,关闭第二组管道的阀门;

在所述时间段内调整刻蚀步骤中的轰击粒子的能量,所述刻蚀步骤中的轰击粒子的能量随硅通孔的深度增加而增强;所述刻蚀或者沉积步骤中的压强、射频功率以及刻蚀步骤的时间中的至少一项,随硅通孔的深度增加而改变;所述刻蚀或者沉积步骤中的压强随硅通孔的深度增加而减小,结束刻蚀时候的压力比初始刻蚀时候的压力减少5%至20%。

2. 如权利要求1所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述刻蚀或者沉积的射频功率随硅通孔的深度增加而增加,结束刻蚀时候的射频功率比初始刻蚀时候的射频功率增加10%至30%。

3. 如权利要求1所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述刻蚀步骤的时间随硅通孔的深度增加而增加,刻蚀结束时候的刻蚀步骤的时间比初始刻蚀时候的刻蚀步骤时间增长5%至20%。

4. 如权利要求1至3中任意一项所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述时间段为20毫秒至100毫秒。

5. 如权利要求1至3中任意一项所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述时间段为第一组管道或者第二组管道的阀门开关时间。

6. 如权利要求1至3中任意一项所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述时间段为第一组管道和第二组管道的阀门开关时间的平均值。

7. 如权利要求1至3中任意一项所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述第一组管道通入的气体包括SF₆、NF₃中的一种以及CO₂、CO、NO、N₂中的一种。

8. 如权利要求1至3中任意一项所述的深硅通孔的刻蚀方法,其特征在于:所述第二组管道通入的气体包括C₄F₈、C₄F₆、CHF₃、CH₂F₂中的一种或两种以上的组合。

一种深硅通孔的刻蚀方法

技术领域

[0001] 本发明涉及深硅通孔的刻蚀方法,特别是一种随通孔深度增加而改进工艺参数的刻蚀方法。

背景技术

[0002] 硅通孔技术(TSV)为第4代封装技术,硅通孔技术(TSV,Through-Silicon-Via)是通过在芯片和芯片之间、晶圆和晶圆之间制作垂直导通,实现芯片之间互连的最新技术。与以往的IC封装键合和使用凸点的叠加技术不同,TSV能够使芯片在三维方向堆叠的密度最大,外形尺寸最小,并且大大改善芯片速度和低功耗的性能。

[0003] TSV制作技术中首先应该做到的是刻蚀机台对不同材料刻蚀轮廓的控制。尽管可以笼统地认为TSV应用需要制作相对高的纵宽比(Aspect Ratio),而业界对硅的深刻蚀原理和应用并不陌生,但是,实际上TSV对刻蚀的要求还是在许多方面超过了MEMS等应用领域。比如,被刻蚀材料的复杂程度、不同的3D IC的应用中TSV通孔的分布密度、尺寸(包括深度和直径)相当宽泛的分布等等。

[0004] 最佳的TSV技术必须能够满足轮廓控制(包括控制倾斜、斜差、侧壁粗糙度、底切度等),同时又需要在工艺能力上具备灵活性,能够应对多种量级的通孔尺寸和各种多层材料,并具有高产量能力,能够处理300mm晶圆,具有工艺的重复性、实用性、可靠性,最后,还必须满足IC市场所要求的最好的性价比。

[0005] 中国专利公开号CN102031525A公开了一种深硅通孔的刻蚀方法,采用反应离子刻蚀的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤,所述刻蚀步骤和聚合物沉积步骤交替进行,所述刻蚀步骤采用的气体中包括用于化学反应等离子刻蚀硅的第一气体和用于与硅反应形成硅化物保护膜的第二气体。使用该方法刻蚀形成TSV时,具有刻蚀效率高、TSV通孔侧壁光滑度好的特点。

[0006] 通常,在深刻蚀工艺中,采用刻蚀—沉积—刻蚀循环的工艺方法来进行深孔刻蚀。

[0007] 图1示出现有技术的深硅通孔刻蚀过程的流程图。如图1所示,其中,11为掩膜层,12为衬底硅,13为聚合物层。图1中显示了在深孔刻蚀中刻蚀步骤—聚合物沉积步骤—刻蚀步骤相互交替最后刻蚀形成孔洞的过程。

[0008] 图2示出现有技术的深硅通孔刻蚀过程中,反应腔室内刻蚀气体与聚合物气体变化的时序图。如图2所示,主要采用SF₆气体来进行刻蚀步骤,采用C₄F₈气体来进行沉积步骤。由于每次的刻蚀和沉积的工艺参数都相同,但是随着孔深的增加,腔室内的其他工艺条件不变,气体要达到深孔底部的距离增加,因此刻蚀速率会降低,不能达到工艺预期。而且,工艺要求的气体反应时间通常很短,非常容易受到阀门时间误差之类的影响,无法保证气体反应时间的精确性。

发明内容

[0009] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种深硅通孔的刻蚀方法,克服了

现有技术的困难,通过控制阀门开闭时间来精确控制气体反应时间,并且随孔深增加而调节相应的刻蚀参数,以此来解决深孔刻蚀中随孔深增加刻蚀速率减弱的问题。

[0010] 根据本发明的一个方面,提供一种深硅通孔的刻蚀方法,包括以下步骤:在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,

[0011] 所述刻蚀步骤结束后,关闭第一组管道的阀门,间隔一时间段之后,打开第二组管道的阀门;或者

[0012] 所述沉积步骤结束后,打开第一组管道的阀门,间隔所述时间段之后,关闭第二组管道的阀门;

[0013] 在所述时间段内调整刻蚀步骤中的轰击粒子的能量,所述刻蚀步骤中的轰击粒子的能量随硅通孔的深度增加而增强。

[0014] 优选地,所述刻蚀或者沉积步骤中的压强、射频功率以及刻蚀步骤的时间中的至少一项,随硅通孔的深度增加而改变。

[0015] 优选地,所述刻蚀或者沉积步骤中的压强随硅通孔的深度增加而减小,结束刻蚀时候的压力比初始刻蚀时候的压力减少5%至20%。

[0016] 优选地,所述刻蚀或者沉积的射频功率随硅通孔的深度增加而增加,结束刻蚀时候的射频功率比初始刻蚀时候的射频功率增加10%至30%。

[0017] 优选地,所述刻蚀步骤的时间随硅通孔的深度增加而增加,刻蚀结束时候的刻蚀步骤的时间比初始刻蚀时候的刻蚀步骤时间增长5%至20%。

[0018] 优选地,所述时间段为20毫秒至100毫秒。

[0019] 优选地,所述时间段为第一组管道或者第二组管道的阀门开关时间。

[0020] 优选地,所述时间段为第一组管道和第二组管道的阀门开关时间的平均值。

[0021] 优选地,所述第一组管道通入的气体包括SF₆、NF₃中的一种以及CO₂、CO、NO、N₂中的一种。

[0022] 优选地,所述第二组管道通入的气体包括C₄F₈、C₄F₆、CHF₃、CH₂F₂中的一种或任意几种的组合。

[0023] 与现有技术相比,本发明的深硅通孔的刻蚀方法通过控制阀门开闭时间来精确控制气体反应时间,并且随孔深增加而调节相应的刻蚀参数,以此来解决深孔刻蚀中随孔深增加刻蚀速率减弱的问题。每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。

附图说明

[0024] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0025] 图1示出现有技术的深硅通孔刻蚀过程的流程图;

[0026] 图2示出现有技术的深硅通孔刻蚀过程中,反应腔室内刻蚀气体与聚合物气体变化的时序图;

[0027] 图3示出根据本发明的一个具体实施方式的,本发明的一种深硅通孔的刻蚀方法的流程图;以及

[0028] 图4示出根据本发明的一个具体实施方式的,本发明中的一种深硅通孔的刻蚀方法过程中,反应腔室内刻蚀气体与聚合物气体变化的时序图。

[0029] 附图标记

[0030] 11 掩膜层

[0031] 12 衬底硅

[0032] 13 聚合物层

[0033] Δt 时间段

具体实施方式

[0034] 本领域技术人员理解,本领域技术人员结合现有技术以及上述实施例可以实现所述变化例,在此不予赘述。这样的变化例并不影响本发明的实质内容,在此不予赘述。

[0035] 本发明提供了一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,所述刻蚀步骤结束后,关闭第一组管道的阀门,间隔一时间段之后,打开第二组管道的阀门;或者所述沉积步骤结束后,打开第一组管道的阀门,间隔所述时间段之后,关闭第二组管道的阀门。本发明通过控制阀门开闭时间来精确控制气体反应时间,以此避免阀门时间误差之类的影响,保证气体反应时间的精确性。

[0036] 为了进一步解决随着孔深的增加,深孔底部的受刻蚀的情况会逐渐减弱,不能达到工艺预期的问题,本发明采用了随孔深增加而调节相应的刻蚀参数的方式,具体表现为:所述刻蚀步骤中等离子体刻蚀的强度随硅通孔的深度变化而变化。在所述时间段内调整刻蚀步骤中的轰击粒子的能量,所述刻蚀步骤中的轰击粒子的能量随硅通孔的深度增加而增强。所述刻蚀或者沉积步骤中的压强、射频功率以及刻蚀步骤的时间中的至少一项,随硅通孔的深度增加而改变。

[0037] 所述刻蚀步骤中的轰击粒子的能量随硅通孔的深度增加而增强。在这个过程中,压强随硅通孔的深度增加而减小的方式可以是线性的,或是非线性的均可,根据实际刻蚀工艺的要求或是孔深变化对刻蚀速率的影响而定。

[0038] 所述刻蚀或者沉积步骤中的压强随硅通孔的深度增加而减小,结束刻蚀时候的压力比初始刻蚀时候的压力减少5%至20%。在这个过程中,压强随硅通孔的深度增加而减小的方式可以是线性的,或是非线性的均可,根据实际刻蚀工艺的要求或是孔深变化对刻蚀速率的影响而定。

[0039] 同样地,刻蚀或者沉积的射频功率随硅通孔的深度增加而增加,结束刻蚀时候的射频功率比初始刻蚀时候的射频功率增加10%至30%。在这个过程中,射频功率随硅通孔的深度增加而增加的方式可以是线性的,或是非线性的均可,根据实际刻蚀工艺的要求或是孔深变化对刻蚀速率的影响而定。

[0040] 同样地,刻蚀步骤的时间随硅通孔的深度增加而增加,刻蚀结束时候的刻蚀步骤的时间比初始刻蚀时候的刻蚀步骤时间增长5%至20%。在这个过程中,刻蚀步骤的时间随硅通孔的深度增加而增加的方式可以是线性的,或是非线性的均可,根据实际刻蚀工艺的要求或是孔深变化对刻蚀速率的影响而定。

[0041] 当然,实际使用中完全可以通过调整刻蚀压强、射频功率以及刻蚀步骤的时间中的两项或是三项的方式来实现补偿通孔深度增加对刻蚀速率的减弱。

[0042] 图3示出根据本发明的一个具体实施方式的,本发明的一种深硅通孔的刻蚀方法的流程图。如图3所示,本发明实际使用中,包括以下步骤:

[0043] (1) 在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体;

[0044] (2) 刻蚀步骤开始,打开第一组管道通入刻蚀气体;

[0045] (3) 刻蚀步骤结束后,关闭第一组管道的阀门;

[0046] (4) 判断刻蚀是否完成,若否,则执行步骤(5),若是,则结束刻蚀;

[0047] (5) 间隔一时间段;

[0048] (6) 沉积步骤开始,打开第二组管道通入聚合物气体;

[0049] (7) 沉积步骤结束后,打开第一组管道通入刻蚀气体;

[0050] (8) 间隔一时间段,关闭第二组管道的阀门,返回步骤(2)。

[0051] 图4示出根据本发明的一个具体实施方式的,本发明中的一种深硅通孔的刻蚀方法过程中,反应腔室内刻蚀气体与聚合物气体变化的时序图。如图4所示,本发明的实际刻蚀过程中,通常将间隔的时间段 Δt 的范围定为20毫秒至100毫秒。具体的取值要考虑气体阀门误差、射频功率、反应腔内部的压力变化等多个工艺参数。通过改变刻蚀参数或调整开关延迟时间的精确控制,整个刻蚀过程的稳定性可显著改善。

[0052] 所述时间段可以定义为以下的时间值:比如:所述时间段为第一组管道或者第二组管道的阀门开关时间。或者,所述时间段为第一组管道和第二组管道的阀门开关时间的平均值。

[0053] 本发明中的反应气体与常规的刻蚀过程所用的气体相同,比如:第一组管道通过刻蚀气体,所述第一组管道通入的气体包括 SF_6 、 NF_3 中的一种以及 CO_2 、 CO 、 NO 、 N_2 中的一种。第二组管道通过聚合物气体,所述第二组管道通入的气体包括 C_4F_8 、 C_4F_6 、 CHF_3 、 CH_2F_2 中的一种或任意几种的组合。当然,实际过程中,使用的刻蚀气体或聚合物气体不限于以上的举例。

[0054] 实施例1

[0055] 本实施例中根据气体阀门误差、射频功率、反应腔内部的压力变化等多个工艺参数的得到的时间段 Δt 为30毫秒,并且主要通过减小压力的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱。

[0056] 本发明提供了一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,刻蚀气体为 SF_6 与 CO_2 的气体组合。沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,聚合物气体为 C_4F_8 与 C_4F_6 的气体组合。

[0057] 第一次刻蚀时,将 SF_6 与 CO_2 的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,反应腔室内压强为120mT、刻蚀功率为2000W,刻蚀步骤的时间为2s。

[0058] 2s后,第一次刻蚀结束,关闭第一组管道。

[0059] 延时30毫秒之后再开始第一次沉积。

- [0060] 第一次沉积时,将C₄F₈与C₄F₆的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。
- [0061] 第一次沉积结束后,打开第一组管道。
- [0062] 延时30毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第二次刻蚀。
- [0063] 第二次刻蚀时,将SF₆与CO₂的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,保持刻蚀频率、刻蚀功率以及刻蚀步骤的时间不变,即刻蚀功率仍为2000W,刻蚀步骤的时间仍为2s,但需要将第一次的压力减小1%,第二次刻蚀时反应腔室内压强大约为119.8mT,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。
- [0064] 2s后,第二次刻蚀结束,关闭第一组管道。
- [0065] 延时30毫秒之后再开始第二次沉积。
- [0066] 第二次沉积时,将C₄F₈与C₄F₆的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。
- [0067] 第二次沉积结束后,打开第一组管道。
- [0068] 延时30毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第三次沉积。
- [0069] 循环刻蚀—沉积—刻蚀的步骤直至达到刻蚀深度要求,每次刻蚀时,保持刻蚀频率、刻蚀功率以及刻蚀步骤的时间不变,将上一次中的压力减小1%。
- [0070] 由于采用了减小压力的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱的方法,每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。
- [0071] 实施例2
- [0072] 本实施例中根据气体阀门误差、射频功率、反应腔内部的压力变化等多个工艺参数的得到的时间段 Δ t为70毫秒,并且主要通过提升刻蚀功率的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱。
- [0073] 本发明提供了一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,刻蚀气体为NF₃与NO的气体组合。沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,聚合物气体为C₄F₆、CHF₃与CH₂F₂的气体组合。
- [0074] 第一次刻蚀时,将NF₃与NO的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,反应腔室内压强为120mT、刻蚀功率为2000W,刻蚀步骤的时间为2s。
- [0075] 2s后,第一次刻蚀结束,关闭第一组管道。
- [0076] 延时70毫秒之后再开始第一次沉积。
- [0077] 第一次沉积时,将C₄F₆、CHF₃与CH₂F₂的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。
- [0078] 第一次沉积结束后,打开第一组管道。
- [0079] 延时70毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第二次刻蚀。
- [0080] 第二次刻蚀时,将NF₃与NO的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,保持压强、刻蚀频率以及刻蚀步骤的时间不变,即反应腔室内压强仍为120mT,刻蚀步骤的时间仍为2s,但需要将第一次的刻蚀功率提升1%,第二次刻蚀时的刻蚀功率为2020W,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。
- [0081] 2s后,第二次刻蚀结束,关闭第一组管道。
- [0082] 延时70毫秒之后再开始第二次沉积。
- [0083] 第二次沉积时,将C₄F₆、CHF₃与CH₂F₂的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。

[0084] 第二次沉积结束后,打开第一组管道。

[0085] 延时70毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第三次刻蚀。

[0086] 循环刻蚀—沉积—刻蚀的步骤直至达到刻蚀深度要求,每次刻蚀时,保持压强、刻蚀频率以及刻蚀步骤的时间不变,将上一次的刻蚀功率提升1%。

[0087] 由于采用了提升刻蚀功率的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱的方法,每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。

[0088] 实施例3

[0089] 本实施例中根据气体阀门误差、射频功率、反应腔内部的压力变化等多个工艺参数的得到的时间段 Δt 为50毫秒,并且主要通过增加刻蚀步骤的时间的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱。

[0090] 本发明提供了一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,刻蚀气体为 NF_3 与 N_2 的气体组合。沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,聚合物气体为 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合。

[0091] 第一次刻蚀时,将 NF_3 与 NO 的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,反应腔室内压强为120mT、刻蚀功率为2000W,刻蚀步骤的时间为2s。

[0092] 2s后,第一次刻蚀结束,关闭第一组管道。

[0093] 延时50毫秒之后再开始第一次沉积。

[0094] 第一次沉积时,将 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。

[0095] 第一次沉积结束后,打开第一组管道。

[0096] 延时50毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第二次刻蚀。

[0097] 第二次刻蚀时,将 NF_3 与 N_2 的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,保持压强、刻蚀频率以及刻蚀功率不变,即反应腔室内压强仍为120mT,刻蚀功率仍为2000W,但需要将第一次的刻蚀步骤的时间增加5%,为2.1秒,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。

[0098] 2.1s后,第二次刻蚀结束,关闭第一组管道。

[0099] 延时50毫秒之后再开始第二次沉积。

[0100] 第二次沉积时,将 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。

[0101] 第二次沉积结束后,打开第一组管道。

[0102] 延时50毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第三次沉积。

[0103] 循环刻蚀—沉积—刻蚀的步骤直至达到刻蚀深度要求,每次刻蚀时,保持压强、刻蚀频率以及刻蚀功率不变,将上一次的刻蚀步骤的时间增加5%,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。

[0104] 由于采用了增加刻蚀步骤的时间的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱的方法,每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。

[0105] 实施例4

[0106] 本实施例中根据气体阀门误差、射频功率、反应腔内部的压力变化等多个工艺参数的得到的时间段 Δt 为90毫秒,并且主要通过同时减小压强、增加刻蚀功率、增加刻蚀步

骤的时间的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱。

[0107] 本发明提供了一种深硅通孔的刻蚀方法,在硅衬底上形成掩膜层,采用交替进行的刻蚀步骤和聚合物沉积步骤刻蚀深硅通孔,其中,刻蚀步骤中通过第一组管道通入刻蚀气体,刻蚀气体为 SF_6 与 CO 的气体组合。沉积步骤中通过第二组管道通入聚合物气体,聚合物气体为 C_4F_8 、 C_4F_6 、 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合。

[0108] 第一次刻蚀时,将 SF_6 与 CO 的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,反应腔室内压强为120mT、刻蚀功率为2000W,刻蚀步骤的时间为2s。

[0109] 2s后,第一次刻蚀结束,关闭第一组管道。

[0110] 延时90毫秒之后再开始第一次沉积。

[0111] 第一次沉积时,将 C_4F_8 、 C_4F_6 、 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。

[0112] 第一次沉积结束后,打开第一组管道。

[0113] 延时70毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第二次刻蚀。

[0114] 第二次刻蚀时,将 SF_6 与 CO 的气体组合通过第一组管道通入反应腔室内,

[0115] 将第一次的压力减小1%,将第一次的刻蚀功率增加1%,将第一次的刻蚀步骤增加5%;即第二次刻蚀时,反应腔室内压强大约为119.8mT、刻蚀功率为2020W,刻蚀步骤的时间为2.1s,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。

[0116] 2.1s后,第二次刻蚀结束,关闭第一组管道。

[0117] 延时90毫秒之后再开始第二次沉积。

[0118] 第二次沉积时,将 C_4F_8 、 C_4F_6 、 CHF_3 与 CH_2F_2 的气体组合通过第二组管道通入反应腔室内。

[0119] 第二次沉积结束后,打开第一组管道。

[0120] 延时90毫秒之后,关闭第二组管道,再开始第三次沉积。

[0121] 循环刻蚀—沉积—刻蚀的步骤直至达到刻蚀深度要求,每次刻蚀时,将第一次的压力减小1%,将第一次的刻蚀功率增加1%,将第一次的刻蚀步骤增加5%,以此修正孔深对刻蚀速率的影响。

[0122] 由于采用了同时减小压强、增加刻蚀功率、增加刻蚀步骤的时间的方式来补偿通孔深度增加后的刻蚀速率减弱的方法,每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。

[0123] 综上所述,本发明的深硅通孔的刻蚀方法通过控制阀门开闭时间来精确控制气体反应时间,并且随孔深增加而调节相应的刻蚀参数,以此来解决深孔刻蚀中随孔深增加刻蚀速率减弱的问题。每次刻蚀的通孔增加的深度都相同,且达到了预期的要求,没有因为通孔深度的增加而减弱刻蚀速率,最后得到的刻蚀深孔完全满足工艺要求。

[0124] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

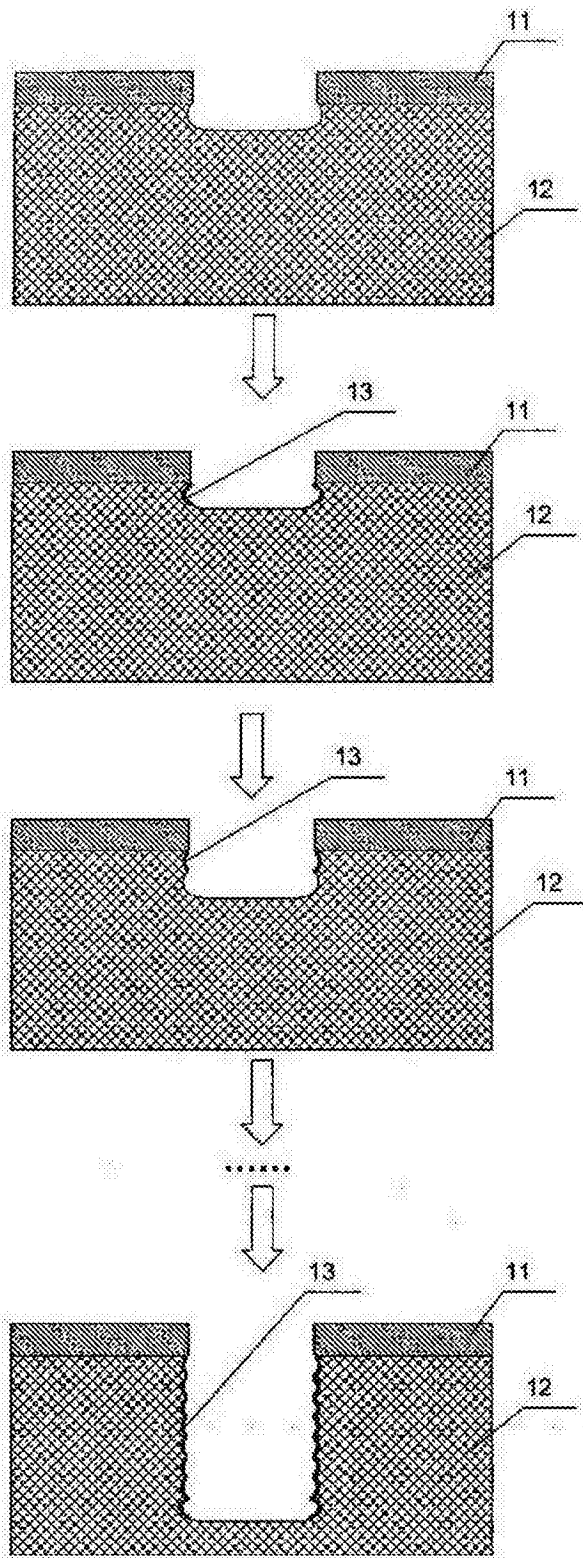


图1

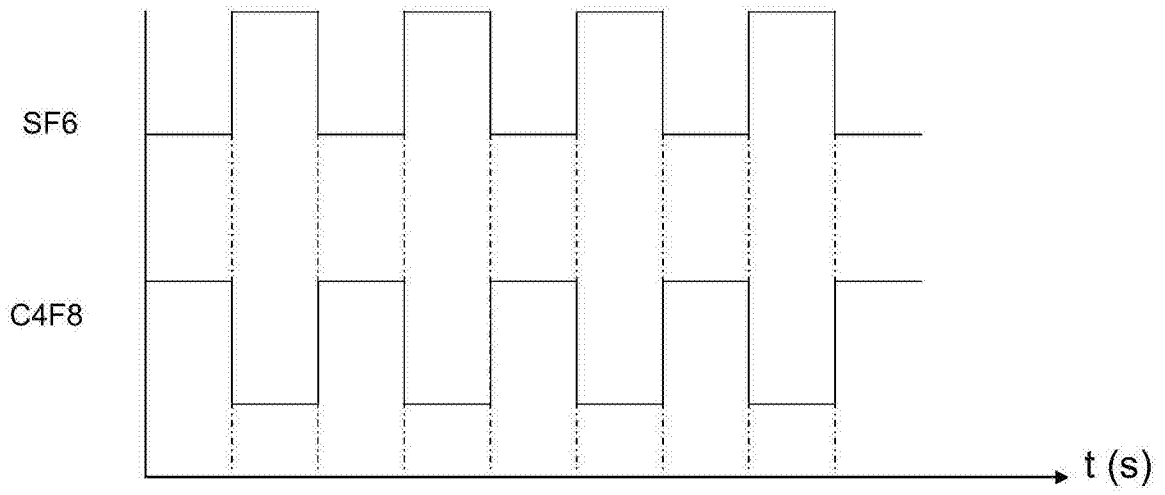


图2

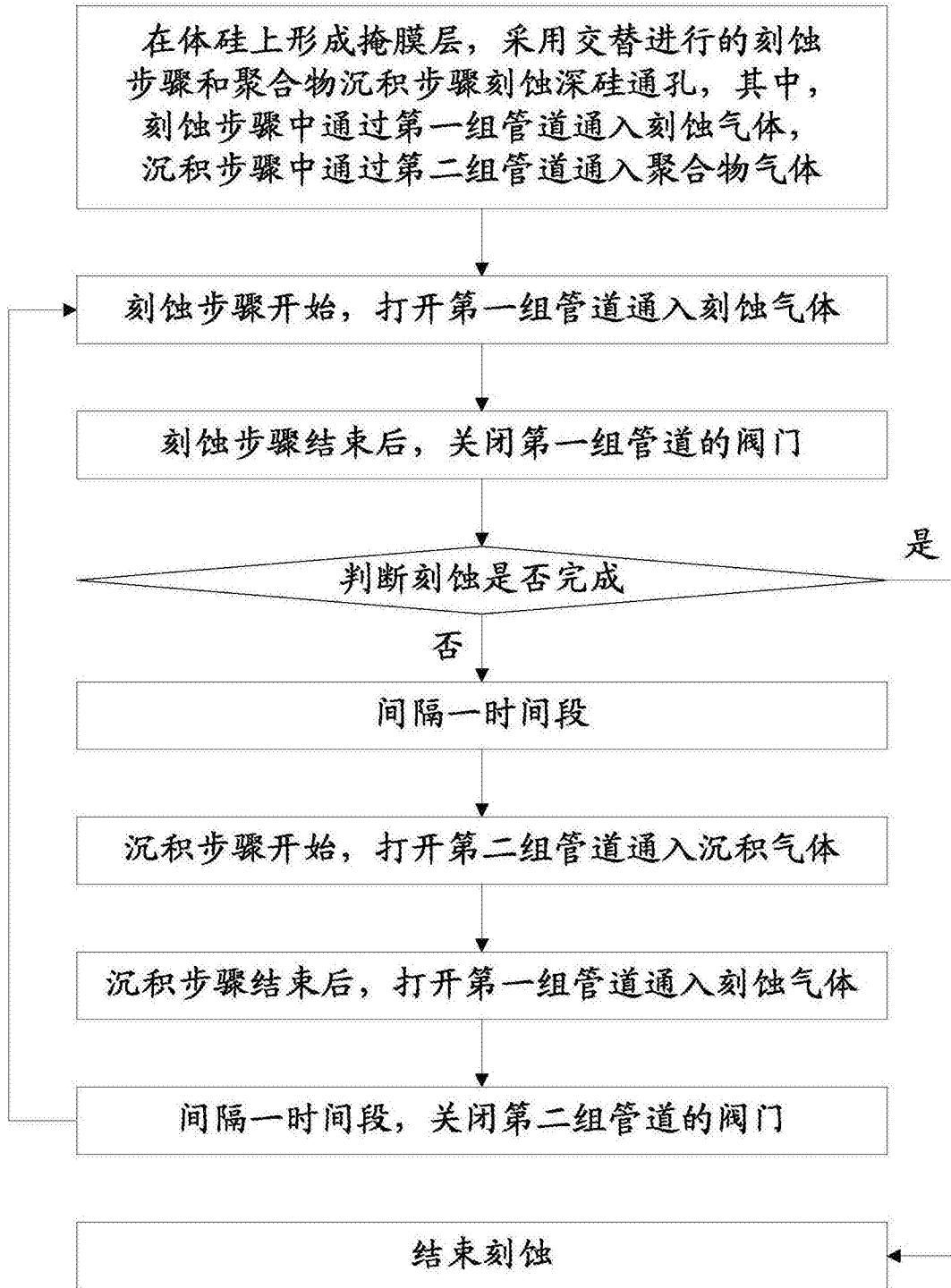


图3

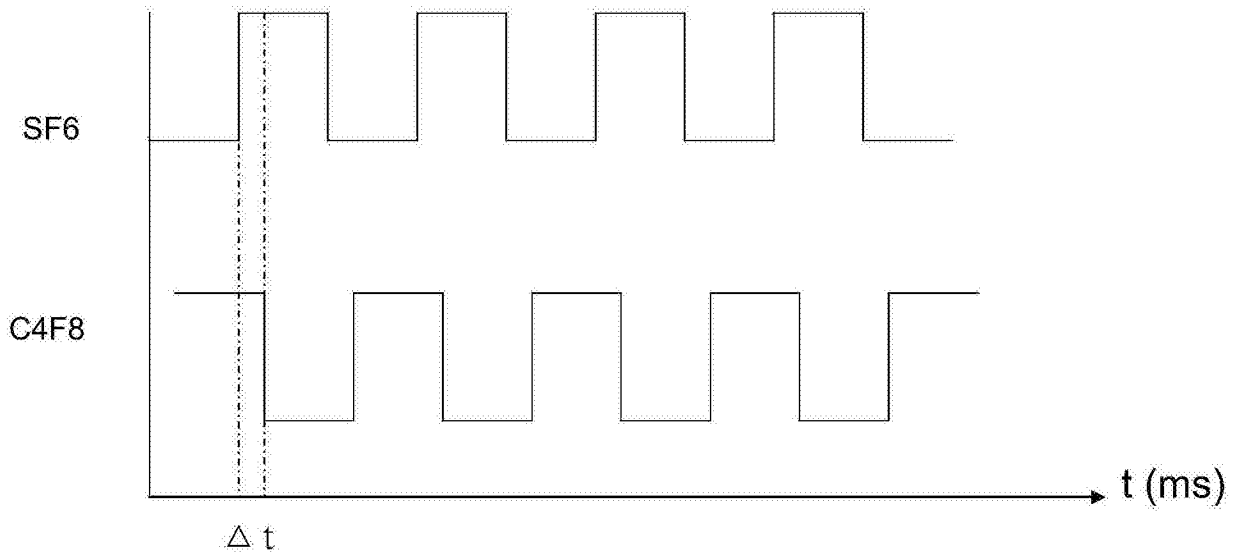


图4