



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110709534 B

(45) 授权公告日 2022.07.15

(21) 申请号 201880018717.5  
 (22) 申请日 2018.03.02  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110709534 A  
 (43) 申请公布日 2020.01.17  
 (30) 优先权数据  
 15/462,214 2017.03.17 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2019.09.17  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/US2018/020602 2018.03.02  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02018/169701 EN 2018.09.20  
 (73) 专利权人 应用材料公司  
 地址 美国加利福尼亚州  
 (72) 发明人 张闻宇 唐薇 杨逸雄 林政汉  
 徐翼 雷雨 吉田尚美 董琳  
 德鲁·菲利普斯  
 斯里维迪亚·纳塔拉詹

阿塔什·巴苏  
 卡利亚潘·穆图库马尔  
 大卫·汤普森 马伯方  
 (74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006  
 专利代理师 徐金国 赵静  
 (51) Int.Cl.  
 G23C 16/34 (2006.01)  
 G23C 16/14 (2006.01)  
 G23C 16/44 (2006.01)  
 G23C 16/56 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 US 2010102417 A1, 2010.04.29  
 US 2016343573 A1, 2016.11.24  
 US 2014178659 A1, 2014.06.26  
 US 2010028636 A1, 2010.02.04  
 JP 2000022087 A, 2000.01.21  
 CN 101228617 A, 2008.07.23  
 US 2012094022 A1, 2012.04.19  
 审查员 吴高翔

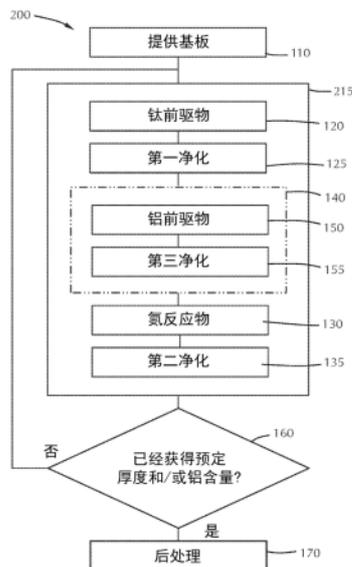
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

TiAlN膜的铝含量控制

(57) 摘要

沉积具有受控制量的碳的氮化铝钛膜的方法。所述方法包括将基板表面暴露于钛前驱物、氮反应物和铝前驱物,其中在每次暴露之间进行净化。



1. 一种在基板表面上沉积TiAlN膜的方法,所述方法包括:  
将所述基板表面暴露于钛前驱物以在所述基板表面上形成含钛膜;  
从所述基板表面净化未反应的钛前驱物;  
将所述基板表面上的所述含钛膜暴露于非等离子体氮反应物以在所述基板表面上形成TiN膜;  
从所述基板表面净化未反应的氮反应物;和  
将所述基板表面上的所述TiN膜暴露于铝前驱物以形成TiAlN膜,  
其中所述TiAlN膜具有以原子计在7%至16%的范围内的铝含量,并且所述TiAlN膜的电阻率为 $300\mu\Omega\text{-cm}$ 。
2. 如权利要求1所述的方法,进一步包括净化未反应的铝前驱物。
3. 如权利要求2所述的方法,其中在净化所述未反应的铝前驱物之后不会立即进行氮暴露。
4. 如权利要求1所述的方法,其中所述钛前驱物包括卤化钛。
5. 如权利要求1所述的方法,其中所述钛前驱物基本上仅包括卤化钛。
6. 如权利要求5所述的方法,其中所述钛前驱物基本上仅包括 $\text{TiCl}_4$ 。
7. 如权利要求5所述的方法,其中所述钛前驱物基本上仅包括 $\text{TiBr}_4$ 。
8. 如权利要求5所述的方法,其中所述钛前驱物基本上仅包括 $\text{TiI}_4$ 。
9. 如权利要求1所述的方法,其中所述氮反应物包括氨、肼或分子氮中的一种或多种。
10. 如权利要求1所述的方法,其中所述铝前驱物包括卤化铝。
11. 如权利要求1所述的方法,其中所述铝前驱物实质上由卤化铝或有机铝化合物中的一种或多种组成。
12. 如权利要求1所述的方法,其中所述铝前驱物实质上由三甲基铝(TMA)或三乙基铝(TEA)中的一种或多种组成。
13. 如权利要求1所述的方法,进一步包括改变所述钛前驱物、所述氮反应物或所述铝前驱物中的一种或多种的剂量时间以改变所述TiAlN膜的铝含量。
14. 如权利要求1所述的方法,其中所述基板表面包括氧化硅。
15. 一种在基板表面上沉积TiAlN膜的方法,所述方法包括:将所述基板表面重复地暴露于沉积序列,所述沉积序列基本上由以下组成,按次序即为:暴露于钛前驱物、第一净化气体、非等离子体氮反应物、第二净化气体以及任选的铝前驱物和第三净化气体,其中不紧接在所述铝前驱物和所述第三净化气体之后进行氮暴露,并且其中所述TiAlN膜具有以原子计在7%至16%的范围内的铝含量,并且所述TiAlN膜的电阻率为 $300\mu\Omega\text{-cm}$ 。
16. 如权利要求15所述的方法,其中所述钛前驱物包括卤化钛,并且所述氮反应物包括氨、肼或分子氮中的一种或多种。
17. 如权利要求15所述的方法,进一步包括改变所述钛前驱物、第一净化气体、氮反应物、第二净化气体、铝前驱物或第三净化气体中的一种或多种的剂量时间以改变所述TiAlN膜的铝含量。
18. 一种在基板表面上沉积TiAlN膜的方法,所述方法包括:将所述基板表面反复地暴露于沉积序列,所述沉积序列基本上由以下组成,按次序即为:  
将所述基板表面暴露于钛前驱物达第一剂量时间,所述钛包括卤化钛;

在第一净化时间内净化未反应的钛前驱物；

将所述基板表面暴露于氮反应物达第二剂量时间，所述氮反应物包括氨或肼中的一种或多种，并且所述氮反应物没有等离子体；

在第二净化时间内净化未反应的氮反应物；和

任选地，将所述基板表面暴露于铝前驱物达第三剂量时间，接着在第三净化时间内净化未反应的铝前驱物，

其中控制所述第一剂量时间、所述第一净化时间、所述第二剂量时间、所述第二净化时间、所述第三剂量时间或所述第三净化时间中的一个或多个以沉积具有受控制量的铝的TiAlN膜，并且

其中所述TiAlN膜具有以原子计在7%至16%的范围内的铝含量，并且所述TiAlN膜的电阻率为 $300\mu\Omega\text{-cm}$ 。

## TiAlN膜的铝含量控制

### 技术领域

[0001] 本公开内容的实施方式一般涉及沉积膜的方法。更具体地,本公开内容的实施方式涉及沉积具有受控制量的铝的氮化钛铝膜的方法。

### 背景技术

[0002] 晶体管技术从平面场效应晶体管到鳍式场效应晶体管(FinFET)的变迁要求用于多个阈值电压的共形功函数层。通过向功函数层中添加Al,可以实现朝向中间间隙调谐功函数,其中所结合的不同量的Al允许不同量的电压调谐,而不添加物理厚度。

[0003] 因此,本领域中需要沉积具有受控制功函数的膜的方法。

### 发明内容

[0004] 本公开内容的一个或多个实施方式涉及在基板表面上沉积TiAlN膜的方法。将所述基板表面暴露于钛前驱物以在所述基板表面上形成含钛膜。从所述基板表面净化未反应的钛前驱物。将所述基板表面上的所述含钛膜暴露于氮反应物以在所述基板表面上形成TiN膜。从所述基板表面净化未反应的氮反应物。将所述基板表面上的所述TiN膜暴露于铝前驱物以形成TiAlN膜。

[0005] 本公开内容的另外的实施方式涉及在基板表面上沉积TiAlN膜的方法。将所述基板表面重复地暴露于沉积序列。沉积序列基本上由以下组成,按次序即为:暴露于钛前驱物、第一净化气体、氮反应物、第二净化气体以及任选的铝前驱物和第三净化气体。不紧接在所述铝前驱物和所述第三净化气体之后进行氮暴露。

[0006] 本公开内容的另外的实施方式涉及在基板表面上沉积TiAlN膜的方法。将所述基板表面反复地暴露于沉积序列,所述沉积序列基本上由以下组成,按次序即为:将所述基板表面暴露于钛前驱物达第一剂量时间,钛包括卤化钛;在第一净化时间内净化未反应的钛前驱物;将所述基板表面暴露于氮反应物达第二剂量时间,所述氮反应物包括氨或肼中的一种或多种,并且所述氮反应物开始没有等离子体;在第二净化时间内净化未反应的氮反应物;任选地,将所述基板表面暴露于铝前驱物达第三剂量时间,接着在第三净化时间内净化未反应的铝前驱物。控制所述第一剂量时间、所述第一净化时间、所述第二剂量时间、所述第二净化时间、所述第三剂量时间或所述第三净化时间中的一个或多个以沉积具有受控制量的铝的TiAlN膜。

### 附图说明

[0007] 为了能够详细地理解本发明的上述特征的方式,可以通过参考实施方式得到上面简要地概述的本发明的更特定的描述,其中一些实施方式在附图中示出。然而,应当注意,附图仅示出了本发明的典型实施方式,并且因此不应视为对本发明的范围的限制,因为本发明可以允许其它等效实施方式。

[0008] 图1图解根据本公开内容的一个或多个实施方式的处理方法;

[0009] 图2图解根据本公开内容的一个或多个实施方式的处理方法;和

[0010] 图3示出了随铝前驱物流动时间而变的铝含量的图。

### 具体实施方式

[0011] 如本说明书和所附权利要求书中所用,术语“基板”和“晶片”可互换地使用,两者都指工艺作用于的表面或表面的部分。本领域的技术人员还将理解,提及基板可以仅指基板的一部分,除非上下文另外清楚地指明。另外,提及在基板上沉积可以是指裸露基板和具有一个或多个膜或特征沉积或形成在其上的基板两者。

[0012] 如本文所用的“基板”是指任何基板或在制造工艺期间在执行膜处理的基板上形成的材料表面。例如,可执行处理的基板表面包括如下材料,诸如硅、氧化硅、应变硅、绝缘体上硅(SOI)、碳掺杂氧化硅、氮化硅、掺杂硅、锗、砷化镓、玻璃、蓝宝石,以及任何其它材料(诸如金属、金属氮化物、金属合金和其它导电材料),这取决于应用。基板包括但不限于半导体晶片。基板可以被暴露于预处理工艺以抛光、蚀刻、还原、氧化、羟化(或以其它方式生成或接枝目标化学部分以赋予化学官能性)、退火和/或烘烤基板表面。除了直接地在基板本身的表面上的膜处理之外,在本公开内容中,所公开的膜处理步骤中的任一个也可以在基板上形成的下面层上执行,如下文更详细地公开的,并且术语“基板表面”旨在包括如上下文指示的这种下面层。因此,例如,在膜/层或部分膜/层已经沉积到基板表面上时,新沉积的膜/层的暴露表面就会变成基板表面。给定基板表面包括的内容物取决于要沉积什么样的膜,以及所使用的特定化学物质。在一个或多个实施方式中,第一基板表面可以包括金属、金属氧化物或H封端的 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ,并且第二基板表面可以包括含Si的电介质,反之亦然。在一些实施方式中,基板表面可以包括某种官能性(例如,-OH、-NH等)。

[0013] 如本说明书和所附权利要求书中所用,术语“反应气体”、“前驱物”、“反应物”等可互换地使用来表示包括与基板表面反应的物质的气体。例如,第一“反应气体”可以简单地吸附到基板的表面上并可用于与第二反应气体的进一步化学反应。

[0014] 本公开内容的实施方式提供了使用钛前驱物(例如,卤化钛)、铝前驱物(例如,卤化铝、金属有机铝化合物)和含氮反应物(例如,氨、肼、 $\text{N}_2$ )沉积氮化铝钛膜(TiAlN)的方法。通过改变例如前驱物剂量时间、剂量顺序或净化时间,可以掺杂不同量的铝以形成薄膜。

[0015] 本公开内容的一个或多个实施方式有利地提供具有受控制的铝含量的TiAlN膜。在一些实施方式中,可以通过控制或改变前驱物和净化剂量时间来调节铝含量。一些实施方式有利地提供了在钛前驱物与铝前驱物之间没有交叉反应的工艺。一些实施方式提供沉积均匀且可重复的TiAlN膜的方法。

[0016] 图1示出了根据本公开内容的一个或多个实施方式的处理方法100。处理方法100将氮化铝钛膜(称为TiAlN膜)沉积在基板表面上。本领域的技术人员将理解,术语“氮化铝钛”和“TiAlN”不是指化学计量的钛、铝和氮原子。而是,该术语用于描述具有一定量钛、一定量铝和一定量氮的膜的整体组成。

[0017] 在110处提供具有基板表面的基板。如在这方面所用的术语“提供”是指将基板移动到用于沉积TiAlN膜的位置或处理腔室中。然后,可以将基板表面暴露于包括反应气体暴露和净化的沉积序列115。

[0018] 在120处,将基板表面暴露于钛前驱物以在基板表面上形成含钛膜。钛前驱物可以

是任何合适的钛前驱物,包括但不限于卤化钛和有机金属钛络合物。在一些实施方式中,钛前驱物包括卤化钛。卤化钛可以是氯化物、溴化物或碘化物的化合物。在一些实施方式中,卤化钛基本上不包括氟原子。如就这一点所用的术语“基本上不含氟原子”是指前驱物中的卤素原子包含以原子计小于或等于约1%、0.5%或0.1%的氟原子。在一些实施方式中,钛前驱物基本上仅包括 $TiCl_4$ 。在一些实施方式中,钛前驱物基本上仅包括 $TiBr_4$ 。在一些实施方式中,钛前驱物基本上仅包括 $TiI_4$ 。如在这方面所用的术语“基本上仅”是指钛前驱物的活性物质以摩尔计大于或等于所述物质的约95%、98%或99%。在一些实施方式中,钛前驱物包括具有通式 $TiCl_xBr_yI_z$ 的混合卤化钛化合物,其中x、y和z的和为4。

[0019] 可以调节钛前驱物的剂量时间以确保表面反应是自终止的。钛前驱物的剂量时间可以被称为第一剂量时间,以指示其不同于与其他工艺相关联的剂量时间。例如,一旦前驱物化合物被吸附到基板表面以覆盖所有活性位点,就不发生进一步表面反应。在一些实施方式中,钛前驱物的剂量时间在约0.1至约20秒的范围内。在一些实施方式中,钛前驱物的剂量时间在约0.5至约15秒、或约0.8至约12秒、或约1至约10秒的范围内。

[0020] 一旦达到钛前驱物的剂量时间,就在第一净化125时净化处理腔室,以从处理腔室和基板表面除去未反应的钛前驱物和/或反应副产物。第一净化125可以使用任何合适的工艺完成,包括真空施加和惰性气流中的一种或多种。在一些实施方式中,第一净化125使用惰性气体(例如,Ar、He)与真空的组合。第一净化时间可以从基板表面除去未反应的前驱物和副产物的任何合适的时间。只要基本上没有剩余化合物可与后续工艺气体反应,越短第一净化时间可以提供具有越大产量的工艺。

[0021] 一旦基板表面已净化了未反应的钛前驱物和反应副产物,那么将基板表面暴露于氮反应物130。氮反应物可以与先前化学吸附在基板表面上的钛物质反应,以产生氮化钛膜。氮反应物可以是任何合适的氮化合物,包括但不限于氨、肼、活化的分子氮(即,使氮通过热丝)或其衍生物。在一些实施方式中,氮反应物基本上仅包括氨。在一些实施方式中,氮反应物基本上仅包括肼。如在这方面所用的术语“基本上仅”是指氮反应物的活性物质以摩尔计大于或等于所述物质的约95%、98%或99%。在一些实施方式中,氮反应物不提供为等离子体或与等离子体共流。

[0022] 可以调节氮反应物的剂量时间以确保表面反应是自终止的。氮反应物的剂量时间可以被称为第二剂量时间,以指示其不同于与钛前驱物相关联的第一剂量时间。例如,一旦氮反应物与所有可用的化学吸附的钛物质反应,就不发生进一步表面反应。在一些实施方式中,氮反应物的剂量时间在约0.5至约15秒的范围内。在一些实施方式中,钛前驱物的剂量时间在约1至约10秒的范围内。

[0023] 一旦达到氮反应物的剂量时间,就在第二净化135时净化处理腔室,以从处理腔室和基板表面除去未反应的氮反应物和/或反应副产物。第二净化135可以使用任何合适的工艺完成,包括真空施加和惰性气流中的一种或多种。在一些实施方式中,第二净化135使用惰性气体(例如,Ar、He)与真空的组合。在一些实施方式中,第二净化气体和第一净化气体是相同的气体。第二净化时间可以从基板表面除去未反应的物质和副产物的任何合适的时间。只要基本上没有剩余化合物可与后续工艺气体反应,越短第二净化时间可以提供具有越大产量的工艺。

[0024] 在净化之后,方法100包括作为沉积序列115的一部分的任选的工艺140。任选的工

艺140包括在150处暴露于铝前驱物和和在155处接着进行的净化。如果执行任选的工艺140,那么出现铝前驱物和净化。

[0025] 在150中,将在130中暴露于氮反应物之后形成的氮化钛膜暴露于铝前驱物以形成TiAlN膜。铝前驱物可以是任何合适的铝前驱物,包括但不限于卤化铝和有机铝化合物。在一些实施方式中,铝前驱物包括卤化铝。卤化铝可以是氯化物、溴化物或碘化物的化合物。在一些实施方式中,卤化铝基本上不包括氟原子。如就这一点所用的术语“基本上不含氟原子”是指前驱物中的卤素原子包含以原子计小于或等于约1%、0.5%或0.1%的氟原子。在一些实施方式中,铝前驱物基本上仅包括 $AlCl_3$ 。在一些实施方式中,铝前驱物基本上仅包括 $AlBr_3$ 。在一些实施方式中,铝前驱物基本上仅包括三碘化铝( $AlI_3$ )。如在这方面所用的术语“基本上仅”是指铝前驱物的反应物质以摩尔计大于或等于所述物质的约95%、98%或99%。在一些实施方式中,铝前驱物包括具有通式 $AlCl_xBr_yI_z$ 的混合卤化铝化合物,其中x、y和z的和为3。

[0026] 在一些实施方式中,铝前驱物包括有机铝化合物。合适的有机铝化合物包括但不限于三甲基铝(TMA)、三乙基铝(TEA)或混合的甲基/乙基铝。在一些实施方式中,铝前驱物包括具有通式 $AlR_3$ 化合物,其中每个R独立地为C1-C6支链或非支链烷基。

[0027] 在一些实施方式中,铝前驱物基本上由卤化铝或有机铝化合物中的一种或多种组成。在一些实施方式中,铝前驱物基本上由三甲基铝(TMA)或三乙基铝(TEA)中的一种或多种组成。如在这方面所用的术语“基本上由……组成”是指反应物质的和大于或等于所述物质的约95%、98%或99%。惰性气体、稀释气体或载气不包括在百分比计算中。

[0028] 可以调节铝前驱物的剂量时间以确保表面反应是自终止的。铝前驱物的剂量时间可以被称为第三剂量时间,以指示其不同于与钛前驱物相关联的第一剂量时间和与氮反应物相关联的第二剂量时间。例如,一旦前驱物化合物被吸附到基板表面以覆盖所有活性位点,就不发生进一步表面反应。在一些实施方式中,铝前驱物的第三剂量时间在约0.5至约20秒的范围内。在一些实施方式中,钛前驱物的剂量时间在约1至约10秒的范围内。

[0029] 一旦达到铝前驱物的剂量时间,就在第三净化155时净化处理腔室,以从处理腔室和基板表面除去未反应的铝前驱物和/或反应副产物。第三净化155可以使用任何合适的工艺完成,包括真空施加和惰性气流中的一种或多种。在一些实施方式中,第三净化155使用惰性气体(例如,Ar、He)与真空的组合。第三净化时间可以从基板表面除去未反应的前驱物和副产物的任何合适的时间。只要基本上没有剩余化合物可与后续工艺气体反应,越短第三净化时间可以提供具有越大产量的工艺。

[0030] 在第三净化155或第二净化135之后,如果不接着进行任选的工艺140,那么沉积序列115完成并移动到决策点160。在一些实施方式中,不紧接在净化未反应的铝前驱物之后进行氮暴露。如以此方式所用,紧接在……之后表示与基板表面反应的下一工艺。

[0031] 在决策点160处,考虑TiAlN膜的厚度。如果膜已经达到预定厚度或预定铝含量,那么可以对基板进行一些后处理160。如果尚未达到预定厚度或铝含量,那么方法100重复沉积序列115。沉积序列115的每次重复独立地包括可选的工艺140,使得在所有沉积序列或一些沉积序列中执行任选的工艺。

[0032] 一些实施方式进一步包括改变钛前驱物、氮反应物或铝前驱物中的一种或多种的剂量时间以改变TiAlN膜的铝含量。一个或多个实施方式进一步包括改变钛前驱物、第一净

化气体、氮反应物、第二净化气体、铝前驱物或第三净化气体中的一种或多种的剂量时间以改变TiAlN膜的铝含量。

[0033] 通过方法100形成的TiAlN膜可以具有以原子计在约0.5%至约25%的范围内的铝含量。在一些实施方式中，TiAlN膜的铝含量以原子计在约1%至约20%的范围内、或在约2%至约20%的范围内、或在约3%至约15%的范围内、或在约4%至约12%的范围内、或在约5%至约10%的范围内。

[0034] TiAlN膜的厚度可以是任何合适的厚度。在一些实施方式中，该方法允许沉积具有可控制的铝含量的薄膜(<20Å)。在一个或多个实施方式中，厚度在约10Å至约1000Å的范围内，或在约15Å至约100Å的范围内。

[0035] 图2示出了在基板表面上沉积TiAlN膜的另一种方法200。在方法200中，将基板表面暴露于沉积序列215。在沉积序列215中，在120处将基板表面暴露于钛前驱物和第一净化125。在第一净化125之后，可以执行或不执行任意的工艺140。任意的工艺140包括在150处暴露于铝前驱物和接着进行的第三净化155。可以在沉积序列215的任何单独的重复期间执行或不执行任意的工艺140。

[0036] 在第一净化125或第三净化155之后，如果执行任意的工艺140，那么基板表面在130处暴露于氮反应物和第二净化135。决策点160考虑由沉积序列215形成的TiAlN膜的厚度或铝含量。如果TiAlN膜具有预定性质(例如，厚度、铝含量)，那么可以对基板进行后处理170。如果TiAlN膜不具有预定性质，那么重复沉积序列215。

[0037] 在一个或多个实施方式中，该方法开始于在暴露于钛前驱物之前暴露于氮反应物。本公开内容的一些实施方式涉及其中钛前驱物和铝前驱物暴露一起发生的方法。使钛前驱物和铝前驱物共流可以在整个膜的厚度上形成具有均匀的铝含量的膜。在一些实施方式中，该方法重复氮化钛和氮化铝沉积的循环。每个循环包括暴露于金属前驱物(即，钛前驱物或铝前驱物)，接着是暴露于氮反应物。

[0038] TiAlN膜的电阻率可以随铝组成而变化。在一些实施方式中，所产生的TiAlN膜的电阻率在约200μΩ-cm至约400μΩ-cm的范围内、或在约250μΩ-cm至约350μΩ-cm的范围内。在一些实施方式中，TiAlN膜的电阻率小于或等于约500μΩ-cm、450μΩ-cm、400μΩ-cm或350μΩ-cm并大于或等于约50μΩ-cm、100μΩ-cm、150μΩ-cm或200μΩ-cm。令人惊讶地发现，具有较高铝含量(例如，大于约15%)的TiAlN膜可以具有显著更高的电阻率。

[0039] 本公开内容的一些实施方式用于沉积nMOS的高k盖或pMOS的高k盖或作为p-功函数金属。在一些实施方式中，该方法用于沉积TiAlN膜作为功函数层而不改变膜的等效氧化物厚度(EOT)。

[0040] 示例

[0041] 根据图1的方法沉积第一TiAlN膜，并且根据图2的方法沉积第二膜。使用TiCl<sub>4</sub>、AlCl<sub>3</sub>和NH<sub>3</sub>制备样品。每种方法的剂量时间和条件相同。通过图1的方法形成的TiAlN膜得到含有4.4%铝的膜。通过图2的方法形成的膜具有1.0%的铝含量。

[0042] 根据图1的方法使用TiCl<sub>4</sub>、AlCl<sub>3</sub>和NH<sub>3</sub>进行不同的铝前驱物暴露以形成TiAlN膜。膜的厚度小于约20Å。结果在图3中针对在沉积序列的18个循环和沉积序列的28个循环之后的工艺示出。

[0043] 通过使TiCl<sub>4</sub>和AlCl<sub>3</sub>共流5秒以形成TiAlN膜。TiCl<sub>4</sub>流率为约50sccm(针对载气测量),并且AlCl<sub>3</sub>流率为约800sccm(针对载气测量)。用惰性气体净化处理腔室5秒,接着是暴露于用氨3秒并再净化5秒。氨流率为约4500sccm。整个工艺中的压力为约25托。在沉积时的温度为80°C或100°C。在80°C时铝含量为约2.7%,并且在100°C时铝含量为约4%。

[0044] 通过使TiCl<sub>4</sub>和AlCl<sub>3</sub>共流5秒、净化5秒、使氨流动3秒并再净化5秒来制备TiAlN膜。修改TiCl<sub>4</sub>和AlCl<sub>3</sub>的流率,并且测量膜的铝含量。氨流率在约4500sccm下对于每个样品是相同的,并且压力始终维持在约25托。结果收集在表1中。

[0045] 表1

	TiCl <sub>4</sub> 流	AlCl <sub>3</sub> 流	Al 含量 (%)
	5	50	4.50
	5	100	5.50
	5	200	5.49
[0046]	5	800	7.02
	10	50	3.11
	10	100	3.73
	10	200	4.20
	10	800	5.63

[0047] 按照图1的方法制备TiAlN样品膜,其中TiCl<sub>4</sub>流率为约50sccm(针对载气测量),氨流率为约4500sccm,并且AlCl<sub>3</sub>的可变流率为约50sccm至约400sccm(针对载气测量)。测量所得的膜的电阻率,并且结果收集在表2中。

[0048] 表2

	%Al	电阻率 (μΩ-cm)
	7	300.48
[0049]	10	299.88
	12	301.11
	16	1050.26

[0050] TiAlN膜的使用图1的方法的大量沉积被执行至不同厚度。观察到15Å TiAlN膜具有约14.3%Al的本体组成,150Å TiAlN膜具有约6.7%Al的本体组成。

[0051] 虽然本发明在本文中已经参考特定实施方式来描述,但是应当理解,这些实施方式仅说明本发明的原理和应用。本领域的技术人员将清楚,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对本发明的方法和设备做出各种修改和变化。因此,本发明旨在包括在所附权利要求书及其等效物的范围内的修改和变化。

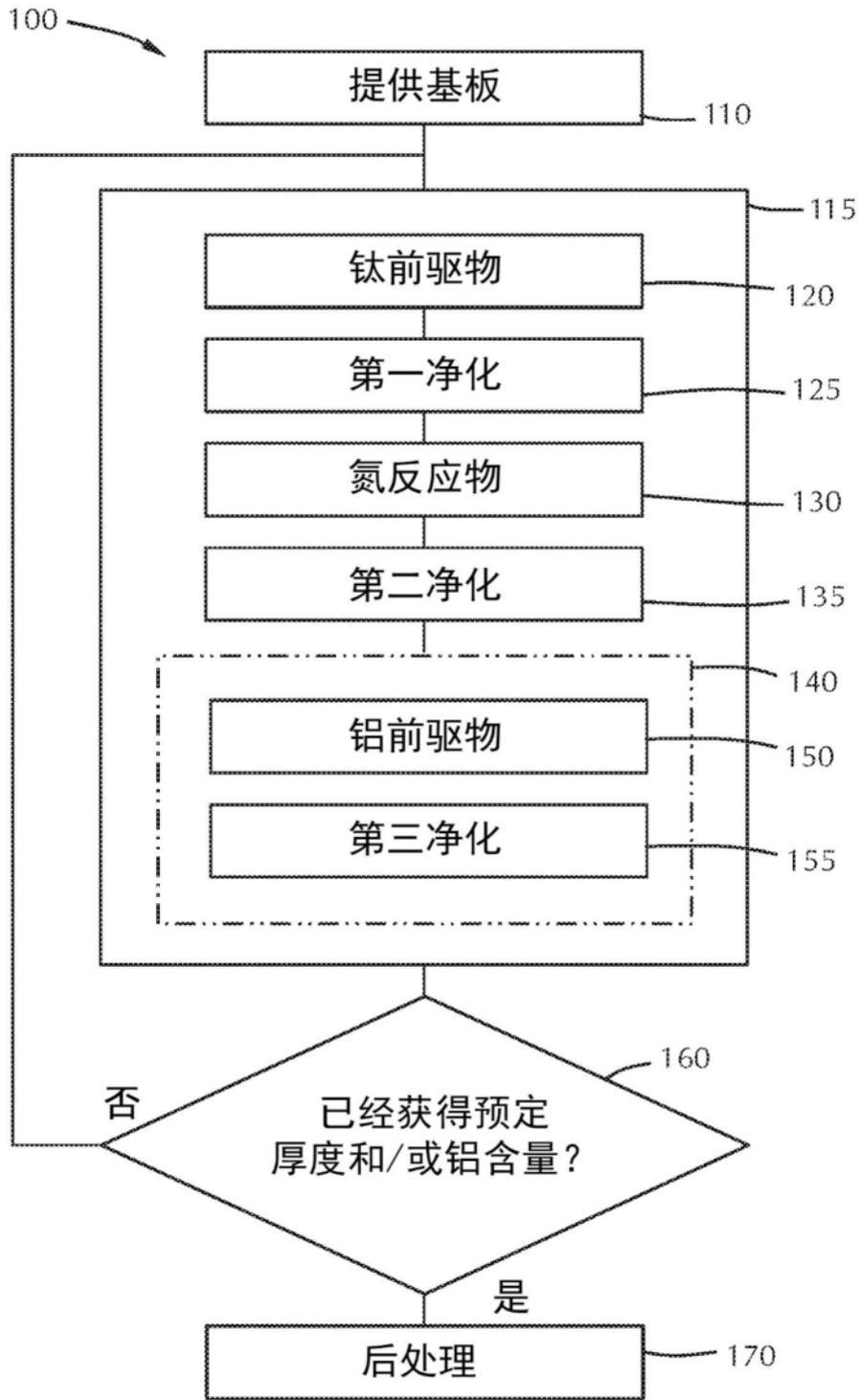


图1

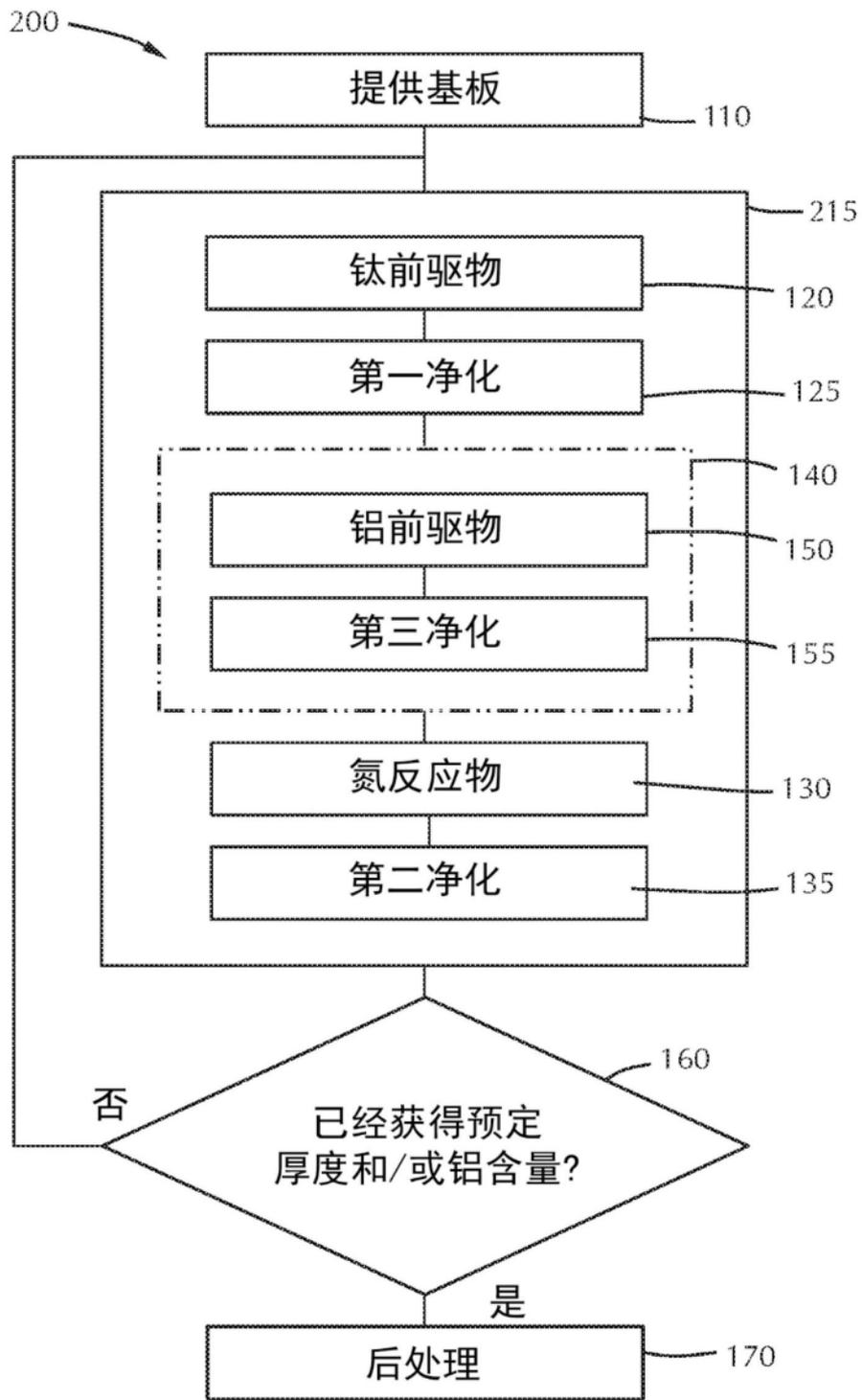


图2

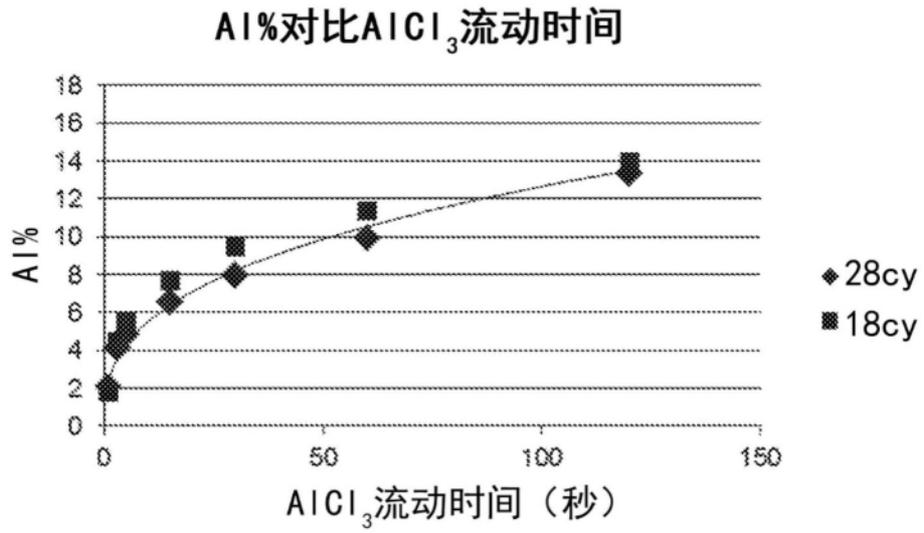


图3