

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

H01L 21/318 (2006.01)

C23C 16/34 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

专利号 ZL 200510055457.3

[45] 授权公告日 2009年2月4日

[11] 授权公告号 CN 100459065C

[22] 申请日 2005.3.17

[21] 申请号 200510055457.3

[30] 优先权

[32] 2004.4.30 [33] US [31] 10/835,949

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 A·B·查克拉瓦蒂 S·纳拉辛哈

V·陈 J·霍尔特

S·N·查克拉瓦蒂

[56] 参考文献

US 6268299 B1 2001.7.31

US 6656853 B2 2003.12.2

JP5-129286 A 1993.5.25

US 5874368 A 1999.2.23

审查员 陈源

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 于静 李峥

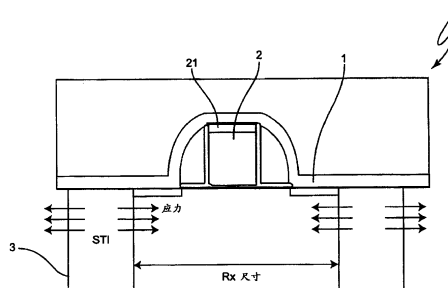
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

[54] 发明名称

氮化硅薄膜及其制造方法

[57] 摘要

本发明调整氮化物薄膜的应力级别随着下列因素中的两个或多个因素的变化而变化：用于制造氮化物薄膜的起始材料前体的选择；处理起始材料前体的含氮前体的选择；起始材料前体与含氮前体的比率；薄膜生长的CVD条件的设置；和/或薄膜生长的厚度。通过包含硅、氮和碳的化合物(例如双叔丁基氨基硅烷(BTBAS))与NH₃反应制造的快速热化学气相淀积(RTCVD)薄膜可以提供有利性能，例如高应力和蚀刻停止应用的优异性能。氮处理的BTBAS薄膜尤其在提供高应力性能方面是优异的，以及进一步具有在重复退火之后高应力性能的保持能力。



1. 一种制造高应力氮化物薄膜的方法，包括：

在快速热化学气相淀积条件、等离子体增强化学气相淀积条件或低压化学气相淀积条件下，在500至700℃温度范围下，在50至500T压力范围下，使以任意组合包括Si、N和C的化合物与含氮前体反应，

其中由所述反应步骤形成的高应力薄膜具有超过+10G dynes/cm²的应力供应值。

2. 根据权利要求1的方法，其中所述反应步骤在快速热化学气相淀积条件下进行。

3. 根据权利要求1的方法，还包括在包含Si、N和C的化合物与含氮前体反应的所述步骤过程中，添加选自如下的至少一种化学化合物：硅烷、乙硅烷、六氯乙硅烷。

4. 根据权利要求1的方法，其中所述化合物不含氟。

5. 根据权利要求1的方法，其中所述包括Si、N和C的化合物是(R-NH)_{4-n}SiX_n，

其中R是烷基，n是1、2或3，以及X是H或卤素。

6. 根据权利要求1的方法，其中所述化合物是双叔丁基氨基硅烷。

7. 根据权利要求1的方法，其中所述反应步骤是双叔丁基氨基硅烷和含氮前体反应的步骤。

8. 根据权利要求1的方法，其中在3至15原子%的碳浓度下进行所述反应。

9. 根据权利要求1的方法，其中所述含氮前体是NH₃。

10. 根据权利要求1的方法，其中所述薄膜包括双叔丁基氨基硅烷和NH₃的反应产物。

11. 根据权利要求10的方法，其中所述反应产物具有 $\text{Si}_x\text{N}_y\text{C}_z\text{H}_w$ 的化学结构，其中 x ， y ， z 和 w 是大于零的整数或非整数。

12. 根据权利要求10的方法，其中所述薄膜的应力在+14至+18G dynes/cm²的范围内。

13. 根据权利要求1的方法，其中通过快速热化学气相淀积、等离子体增强化学气相淀积或低压化学气相淀积工艺形成氮化物里衬，所述里衬包括：

氮化物薄膜，该氮化物薄膜是双叔丁基氨基硅烷和 NH_3 的反应产物。

14. 根据权利要求13的方法，其中所述氮化物薄膜具有至少+14.5G dynes/cm²的拉伸应力。

15. 根据权利要求13的方法，其中所述氮处理的双叔丁基氨基硅烷反应产物在重复退火之后保持+10G至+18G dynes/cm²范围的应力级别。

16. 根据权利要求2的方法，其中所述快速热化学气相淀积条件是30至600秒的时间范围。

17. 根据权利要求1的方法，其中所述薄膜厚度在50至1,000埃的范围内。

18. 根据权利要求9的方法，其中在6至10%的碳浓度、650℃的温度、140torr的压力下双叔丁基氨基硅烷与 NH_3 反应。

19. 一种制造半导体晶片的方法，包括：

用根据权利要求1的方法形成的具有超过+10G dynes/cm²的拉伸应力的氮化物里衬覆盖至少部分器件有源层。

20. 根据权利要求19的方法，其中所述氮化物里衬的拉伸应力至少是+14.5G dynes/cm²。

21. 根据权利要求19的方法，其中所述氮化物里衬包括氮化物薄膜，所述氮化物薄膜是双叔丁基氨基硅烷和 NH_3 的反应产物。

22. 根据权利要求19的方法，其中用所述氮化物里衬覆盖整个器件有源层。

氮化硅薄膜及其制造方法

技术领域

本发明总体涉及集成电路制造，更具体地说，涉及薄膜及其制造和用途，用于在将要制造的半导体器件中，尤其在快速热化学气相淀积（RTCVD）工艺中提供优点。

背景技术

通常，在各种类型的化学气相淀积（CVD）工艺中，制造各种薄膜用于电路制造（如制造晶体管）。各种CVD工艺的例子是低压化学气相淀积（LPCVD）、等离子体增强化学气相淀积（PECVD）、高密度等离子体化学气相淀积（HDPCVD）、快速热化学气相淀积（RTCVD）、循环淀积（CLD）、原子层淀积（ALD）和混合淀积（MLD）（即CLD和ALD的混合）等。各种淀积工艺对于它们的条件（温度、压力、流量等）、设备、参数（衬底、时间等）及其它变量彼此显著不同。

通过这些不同种类的淀积工艺，公开了不同的薄膜制造方法和薄膜。

作为用LPCVD工艺制造的例子薄膜，美国专利5,874,368（1999年2月23日）公开了在LPCVD熔炉中，在20mtorr至2torr的压力范围内和500-800℃的温度范围内，由双叔丁基氨基硅烷（BTBAS）形成氮化硅。同样参见Laxman等人，A low-temperature solution for silicon nitride deposition, Solid State Technology, 2000年4月，79，公开了550-600℃下的LPCVD。

美国专利6,046,494（2000年4月4日）公开了在相对低的温度下并没有用于更低的负偏压温度不稳定性的等离子体以及减小的掺杂剂离析，在半导体器件中形成绝缘层。描述了怎样在LPCVD熔炉中制造氮化硅里衬的方法。为了制造氮化物层，使用氮化硅烷。

在LPCVD 批量熔炉中,在LPCVD过程中进行的另一淀积是美国专利6,268,299(2001年7月31日),公开了形成用于阻挡应用的富硅氮化硅薄膜。使用各种含硅前体例如双叔丁基氨基硅烷(BTBAS)、HCD、SiH₄等以及NH₃淀积氮化硅薄膜。通过改变含硅前体和NH₃的流量比率来调整硅与氮的比率。

美国专利6,268,299(2001年7月31日)公开了用于在LPCVD工艺中使用SiH₄、二氯硅烷(DCS)、BTBAS、HCD以及这些气体的混合物淀积阻挡氮化物的低温工艺。改变NH₃与前体的流量比率以产生不同的Si:N比率。

日本专利2003051452(2003年2月21日)公开了通过LPCVD熔炉淀积的BTBAS氮化物。据说通过优化清洗工艺改善了膜厚精确度。

使用LPCVD熔炉制造的另一薄膜是JP2001230248A(2002年11月26日),公开了使用LPCVD熔炉淀积的BTBAS氮化物。

当然,LPCVD是CVD工艺的一种。其它制造工艺包括PECVD和HDPCVD工艺。

作为PECVD和HDPCVD工艺过程中制造的薄膜的例子,参见例如由本发明的一些相同发明人的美国专利申请2002/0090835 A1(2002年7月11日),公开了通过BTBAS和具有等离子体能量的相关化合物形成氮化物薄膜,以产生特别适于PECVD和HDPCVD工艺的碳引入。

其它淀积工艺包括CLD、ALD和MLD。作为由CLD、ALD和MLD工艺制造的薄膜的例子,参见例如美国专利申请2003/0059535 A1(2003年3月27日)。公开了使用各种前体通过CLD、ALD和MLD淀积氮化硅和其它材料。在冷壁反应器中进行该反应。

淀积的另一种类是RTCVD。在RTCVD工艺中产生一些薄膜。例如,美国专利6,153,261(2000年11月28日)公开了在RTCVD工艺中使用BTBAS淀积氮化硅和氧化硅。参见美国专利申请2001/0000476 A1(2001年4月26日)。

美国专利6,455,389(2002年9月24日)公开了其中形成间隔层的RTCVD工艺,间隔层是氮化硅。硅烷或二氯化硅烷(dichloride silane)与

氮反应，以形成氮化硅。Huang等人，描述了RTCVD工艺通常具有约650至700℃的室温和约200至600torr的室压，RTCVD淀积工艺的处理时间为约2至4分钟。

氮化物薄膜用于许多不同的应用。但是，满足特定应用的问题是多变的并可能比较复杂。例如，回到半导体器件，对于特定器件的有利功能，许多不同的性能是重要的。对于制造特定的器件有许多竞争考虑。已经提出多种不同的制造工艺，以下仅仅是一些例子。

例如，一方面，高碳引入是希望的。美国专利申请2001/0034129 A1（2001年10月25日）公开了具有高碳浓度的层的蚀刻工艺。淀积使用TEOS，BTBAS，CCl₄，CO₂等。可以通过使用BTBAS和NH₃的CVD形成隔离层。

美国专利申请2002/0111039（2002年8月15日）公开了通过BTBAS和含氮气体形成的具有低介电常数的一些氮化硅隔离层，用化学计量法和控制的其它性能来产生变化的湿蚀刻速率。教导了碳引入以增加干蚀刻速率阻力。

美国专利申请2002/0127763（2002年9月12日）教导了通过使用BTBAS和O₂和NH₃的就地氧化物-氮化物-氧化物淀积通过LPCVD形成L形隔离层。提供了一种低成本的可选L形隔离层，据称该L形隔离层很好地用于后续介质薄膜的间隙填充。

在制造过程中希望防止栅极叠层被例如反应离子蚀刻（RIE）、湿蚀刻等腐蚀，如美国专利申请2003/0068855 A1（2003年4月10日），公开了在栅极叠层上淀积的氮化物的成核（籽晶）层的淀积，之后通过BTBAS在籽晶层上淀积氮化物层。BTBAS氮化物的碳用于防止栅极叠层被腐蚀。

美国专利6,586,814公开了用于形成STI的BTBAS氮化物的使用，使用BTBAS氮化物的抗蚀性，有助于STI填料的侵蚀。

美国专利申请2003/0127697 A1（2003年7月10日）公开了，为了在PFET的沟道中产生压缩应力，多个晶体管的有源区分为各个栅电极，并在相邻的栅电极之间形成薄STI。

就半导体晶体管而言，已经进行一些讨论的另一性能是应力。例如，美国专利申请2002/0063292 A1公开了在沟道中产生局部应力的某些晶片取向，以及通常关注高拉伸应力氮化物介质，但是没有明确地公开高拉伸应力意味着测定值是什么或高拉伸应力氮化物的例子的特定氮化物是什么。

美国专利申请2002/0179908 A1（2002年12月5日）教导了各种引入杂质的方法，以及通过引入杂质和退火控制薄膜晶体管（TFT）中的布线的内应力。

USP6,573,172（2003年6月3日）公开了在PMOS和NMOS器件上具有不同应力级别的PECVD氮化物薄膜的形成。

当然，半导体器件的任何一种性能（例如应力相关性能）的最佳化还必须与满足许多其它必要的性能和性能考虑相平衡。

此外，作为背景，在电路制造中，使用如图1所示的组件，其中，在晶片制造过程中，氮化物里衬1（例如氮化物薄膜）覆盖具有器件有源层21的器件2。通常可用于晶片制造的不同类型的氮化物薄膜提供不同类型的应力。Novellus 等离子体增强化学气相淀积（PECVD）、应用PECVD以及应用材料快速热化学气相淀积（RTCVD）工具可以提供拉伸应力氮化物薄膜，以及应力通常达到+10G dynes/cm²，根据常规产品的一些例子是：Novellus, +2.5G dynes/cm²; PECVD, +4.5G dynes/cm²; RTCVD SiH₄, +9.8G dynes/cm²。

对于氮化物里衬的另一例子，参见美国专利申请2003/0040158 A1，其中公开了具有不同应力的两个分离里衬以增加迁移率。一个里衬通过LPCVD制造，以及另一个里衬通过PECVD制造。

然而，用于制造氮化物里衬和其它薄膜的常规薄膜和方法没有必要提供场效应晶体管（FET）和其它应用希望的所有性能。例如，通常，用作氮化物里衬的氮化物薄膜不可能提供希望大小的应力同时平衡其它需要性能。用于制造薄膜和半器件（例如FETs）以具有希望性能的可行制造方法，也不是足够地简单。

发明内容

本发明人特别考虑了增强场效应晶体管 (FET) 中的沟道迁移率和驱动电流的局部机械应力 (压缩应力或拉伸应力)。nFET中的拉伸应力和pFET中的压缩应力可以分别增强载流子迁移率。因此,本发明的一个目的是对于FET应用提供希望的应力,例如对于蚀刻停止里衬具有足够高的应力(例如超过+10G dynes/cm²的应力,在本例子中,约+14.5G dynes/cm²的应力)。

而且,本发明的一个目的是提供一种在重复退火之后继续显示出希望的高应力的材料。

本发明人确定可以通过下列因素中的两种或多种来控制由薄膜(例如,RTCVD氮化物薄膜)提供的应力:用于制造薄膜的起始材料前体(例如,以任意组合包含Si、C和N的化合物,优选,BTBAS);用来处理起始材料前体的处理材料(例如,含氮前体,优选,适合于形成氮化物薄膜的材料,最优选NH₃);起始材料前体与处理材料的比率;薄膜生长的CVD条件(例如,RTCVD条件);和/或薄膜生长的厚度。

本发明的另一个目的是提供一种制造高应力氮化物薄膜的方法,包括:在快速热化学气相淀积(RTCVD)条件、等离子体增强化学气相淀积(PECVD)条件或低压化学气相淀积(LPCVD)条件下,使以任意组合包括Si、N和C的化合物(这种化合物优选是无氯化合物)与NH₃反应,其中由该反应步骤形成的高应力薄膜具有超过+10G dynes/cm²的应力。用于上述方法的一些可选细节如下。在本发明方法的优选实施例中,在3至15原子%的碳浓度下进行反应。包括Si、N和C的化合物优选是(R-NH)_{4-n}SiX_n(I),其中R是烷基(可以相同或不同),n是1、2或3,以及X是H或卤素。包括Si、N和C的最优选的化合物是双叔丁基氨基硅烷(BTBAS)。

在另一优选实施例中,本发明提供一种制造氮化物薄膜的方法,包括:在RTCVD条件、PECVD条件或LPCVD条件下,在约500至700℃的温度范围、约50至500T的压力范围内,使(A)以任意组合包括Si、N和C的化合

物与(B)含氮前体(例如 NH_3)反应。

本发明的工艺和方法的其它优选实施例如下。在反应步骤过程中可以进一步包括添加至少一种化合物,如硅烷、乙硅烷、六氯乙硅烷及基于硅烷的其它化合物。由反应步骤形成的薄膜具有超过 $+10\text{G dynes/cm}^2$ 量的应力供应值。该反应步骤可以在约 500 至 700°C 的温度范围内进行。该反应步骤可以在约 50 至 500T 的压力范围下进行。

本发明的另一优选实施例提供一种氮化硅薄膜,包括具有超过 $+10\text{G dynes/cm}^2$ 量的高应力供应的薄膜,例如,包括双叔丁基氨基硅烷(BTBAS)和 NH_3 的反应产物(例如,具有 $\text{Si}_x\text{N}_y\text{C}_z\text{H}_w$ 化学结构的反应产物,其中 x , y , z 和 w 每个是大于零的整数或非整数)的薄膜;具有约 $+14$ 至 $+18\text{G dynes/cm}^2$ 范围内的应力供应的薄膜;等。

本发明的再一优选实施例提供一种制造半导体晶片的方法,包括:用具有超过 $+10\text{G dynes/cm}^2$ (优选,至少 $+14.5\text{G dynes/cm}^2$ 的拉伸应力)的氮化硅里衬覆盖至少部分器件有源层,例如氮化硅里衬优选包括氮化物薄膜,氮化物薄膜是BTBAS和 NH_3 的反应产物。在半导体制造的本发明方法的一个优选实施例中,用氮化硅里衬覆盖整个器件有源层。覆盖步骤可以例如在RTCVD工艺或其它CVD工艺期间进行。

本发明的又一优选实施例提供了一种通过RTCVD、PECVD或LPCVD工艺形成的氮化物里衬。本发明的里衬的优选例子是包括氮化物薄膜的里衬,该氮化物薄膜是例如BTBAS和 NH_3 的反应产物。本发明的里衬的另一优选例子是其中氮化物薄膜具有超过 $+10\text{G dynes/cm}^2$ 的拉伸应力的里衬,例如其中氮化物薄膜具有至少 $+14.5\text{G dynes/cm}^2$ 的拉伸应力的氮化物里衬。本发明的里衬的另一优选例子是氮化物里衬是在重复退火之后保持较高应力级别的氮处理的BTBAS反应产物。

应该理解在另一个优选实施例中本发明提供一种调整氮化物薄膜的应力级别的方法,包括调整选自如下因素的至少两个:(1)用于制造氮化物薄膜的起始材料前体(如以任意组合包含Si、C和N的化合物,优选如BTBAS的起始材料前体)的选择;(2)用来处理起始材料前体的含氮前体(如优

选NH₃)的选择; (3)起始材料前体与含氮前体的比率; (4)薄膜生长的CVD条件(如RTCVD条件等)的设定; 以及(5)薄膜生长的厚度(如, 约50至1,000埃的厚度范围等)。在一个优选例子中, CVD条件是在约500-700℃的温度范围、约50至500T的压力范围、约30至600秒的时间范围。在优选实施例中, 本发明的应力级别调整方法提供将被调整为+10G至+18G dynes/cm²范围的氮化物薄膜的应力级别。在另一个优选例子中, 氮化物薄膜是氨处理的BTBAS薄膜。

附图说明

参考附图, 从本发明的优选实施例的下列详细描述将更好的理解上述和其它目的、方面及优点, 其中:

图1示出了包括覆盖器件有源层的氮化物里衬的常规组件;

图2示出了氮化物淀积之后薄膜的压缩应力和拉伸应力的图表, 包括常规薄膜和根据本发明的薄膜(BTBAS);

图3示出了nFETs的I_{off}与I_{on}的曲线图, 包括根据PECVD方法的常规nFET和本发明的nFET(BTBAS);

图4示出了pFETs的I_{off}与I_{on}的曲线图, 包括根据PECVD方法的常规pFET和本发明的pFET(BTBAS);

图5示出了I_{odlin}数据, 示出了PECVD(常规)和BTBAS(本发明)数据之间的关系;

图6示出了加热器温度675℃、压力275torr、BTBAS流量1slm的曲线图; 菱形点示出了应力和方块点示出了速率; X轴是氨流量(sccm); 左Y轴示出了应力; 右Y轴示出了淀积速率;

图7示出了双叔丁基氨基硅烷(BTBAS)的化学结构。

具体实施方式

在具体优选实施例中本发明提供了通过操作下列两个或多个因素来调整薄膜(如氮化物薄膜)的应力级别的方法:

用于制造薄膜的起始材料前体（例如，以任意组合包含Si、C和N的化合物，其中优选的例子是BTBAS）；

用来处理起始材料前体的含氮前体（含氮前体的优选例子是适于形成氮化物薄膜的材料，最优选是 NH_3 ）；

起始材料前体与含氮前体的比率；

薄膜生长的CVD条件的设定（例如，RTCVD条件，优选，在约500-700 $^{\circ}\text{C}$ 的温度范围、在约50-500T的压力范围、在约30-600秒的时间范围内的RTCVD条件）；和/或

薄膜生长的厚度（如，约50至1,000埃的厚度范围）。

在根据调整薄膜的应力级别的本发明方法的优选例子中，选择用于制造薄膜的起始材料前体和含氮前体，以形成氮化物薄膜，特别优选的化合物是BTBAS前体与 NH_3 气体反应以形成氮化物薄膜。通过操作一个或多个其它操作因素，将由氮处理的BTBAS形成的氮化物薄膜处理为具有高应力级别（例如，超过+10G dynes/cm²的应力级别），其中高应力级别具有根据需要在约+10G dynes/cm²至+18G dynes/cm²范围内选择的应力级别的特定值，其它操作因素即起始材料前体与含氮前体的比率；薄膜生长的CVD条件的设置；和/或薄膜生长的厚度。

参考图1进一步论述氮化物薄膜的例子，图1示出了示例性晶片制造组件4，其中通过覆盖器件2的有源层21的氮化物里衬1（可以是常规氮化物里衬或根据本发明的氮化物里衬）可以产生强机械应力。与通过可用于晶片制造的氮化物薄膜的常规例子（如用作组件4中的里衬1）相比本发明提供优越的性能（如更大和/或不同类型的应力）。应当理解图1是为了说明，本发明不应该被认为局限于根据图1的配置。在晶片制造组件（如图1的组件4）中，本发明有利地提供比常规工具（其中一些例子是例如Novellus PECVD、应用PECVD和应用材料RTCVD工具，这些工具提供用于常规薄膜的具有通常高达约+10G dynes/cm²的应力的拉伸应力氮化物薄膜，如图2所示）提供的应力更大和/或不同的应力。

与由常规氮化物薄膜提供的应力相比本发明有利地提供具有较高拉伸

应力（例如，超过+10G dynes/cm²的拉伸应力，如在优选例子中约+14.5G dynes/cm²）的薄膜。还有利地，与许多常规薄膜不同，通过根据本发明的薄膜提供的这些应力在后续退火之后不会显著地改变。

为了制造根据本发明的示例性薄膜，以任意组合包含Si、N和C的化合物可以用作起始材料，其中优选例子是双叔丁基氨基硅烷（BTBAS）前体。BTBAS是市场上可买到的试剂，并有利地是非氟前体。

在本发明中，包括Si、N和C（如，BTBAS）的化合物与适于形成薄膜的试剂如NH₃反应，优选在用于氮化物薄膜形成的条件下与NH₃反应，最优选在用于形成希望的应力测量（如，应力超过+10G dynes/cm²，优选，应力在约+14至+18G dynes/cm²的范围内）和/或其它性能（如通过重复退火的应力性能的保持能力）的氮化物薄膜条件下与NH₃反应。

例如，可以在RTCVD条件（最优选，在RTCVD工具中，例如市场上可买到的Applied Material Centura RTCVD工具）下；PECVD条件下；LPCVD条件下等，进行根据本发明的反应，其中包括Si、N和C（如，BTBAS前体）的化合物用作起始材料。

本发明提供了高应力级别薄膜，如在特定优选的例子中，提供RTCVD氮处理的BTBAS氮化物薄膜。通过薄膜厚度可以控制薄膜的应力级别，如通过加厚薄膜（通过增加包含起始材料（如BTBAS）和处理材料（如NH₃）的C、Si和N的量）或通过增加淀积时间来增加应力级别。

可以使用本发明的薄膜（如氮化物薄膜），例如，作为蚀刻停止（阻挡）氮化物里衬，如图1中的里衬1。应当理解图1是示例性的，以及根据本发明的里衬可以使用其它结构。此外，本发明的薄膜（如氮化物薄膜）可以用于浅沟槽隔离（STI）里衬，栅极隔离层等。

应当理解与常规PECVD薄膜相比本发明提供的薄膜在某些方面更优越（例如提供高拉伸应力和/或应力数据的低变化性）。尽管通常许多类型的PECVD薄膜已用于制造一些拉伸应力，不幸的是，大多数PECVD薄膜不能制造达到希望高的拉伸应力。在特定优选的实施例中本发明提供一种RTCVD BTBAS氮化物薄膜，该氮化物薄膜可以令人满意地提供更高的拉

伸应力，例如，超过+10G dynes/cm²的应力，优选，超过+10G dynes/cm²的应力，例如约+14至+18G dynes/cm²范围内的应力。

此外，还有利地，与PECVD薄膜相比本发明提供应力数据较小变化的BTBAS氮化物薄膜。另一方面，由根据本发明的BTBAS氮化物薄膜获得应力极大地可重复，且不容易受工艺参数影响。能够抵抗工艺参数影响的BTBAS氮化物薄膜是本发明的优点。

在本发明中，薄膜可以被淀积至希望的厚度，薄膜厚度的优选范围为约50至1,000埃。本发明进一步提供给定希望的应力级别的薄膜厚度的变化性。例如，可以改变氮化物薄膜的厚度，以根据需要提供不同的应力级别。在设置氮化物厚度过程中，应用（例如用作蚀刻停止里衬）被考虑。

例如，为了成功地使用本发明的薄膜（例如BTBAS薄膜）作为蚀刻停止里衬，应该根据厚度和应力仔细地选择隔离层氮化物，考虑与常规薄膜相比由根据本发明的薄膜给出的应力改进是由于栅极拐角处的拉伸应力的延伸。即，因为改进是由于栅极的拐角处拉伸应力的延伸，因此如果隔离层太厚，或具有过高的应力，那么本发明的薄膜（例如BTBAS薄膜）的效果将被最小化。由此，当本发明的薄膜（例如BTBAS薄膜）用作蚀刻停止里衬时，应该选择隔离层氮化物，以避免对于具体的应用太厚或提供过高的应力。

本发明的薄膜（例如BTBAS薄膜）具有用于拉伸应力产生、提供隔离层的有利应用以及已知用于隔离层形成的RTCVD SiH₄薄膜或PECVD薄膜的其它应用。有利地，与常规氮化物薄膜相比本发明提供产生良好一致性和负载效应的隔离层（例如BTBAS隔离层）。

下面给出某些本发明的例子，本发明并不限于这些例子。

本发明的例1

通过在单晶片反应器中使BTBAS和NH₃反应淀积薄膜（即氮化物薄膜）。选择给定3至15原子%的碳浓度的工艺条件。

与常规薄膜相比获得的器件数据示出改进的驱动电流。图3和4示出了nFET和pFET的电性能。与具有PECVD拉伸Nit薄膜（以及PECVD压缩Nit

薄膜)的器件相比较BTBAS氮化物薄膜可以提供更高的nFET驱动电流。对于根据本发明的例子的薄膜也不降低pFET驱动电流。nFET驱动电流改进取决于局部应变,因此取决于器件几何形状和氮化物厚度。一般,对于长宽度nFET器件,具有500Å厚度的BTBAS可以提供8%nFET电流改进,具有750Å厚度的BTBAS额外产生3%的电流改进。pFET驱动电流也不会降低。

图5的Iodlin数据表明nFET驱动电流的改进主要由于沟道中的良好载流子迁移率和源区和漏区中以及隔离层下的外电阻。

本发明的例2

在RTCVD工艺中, BTBAS和NH₃在下列条件下反应:

碳浓度 ~6至10%

温度 650°C

压力 140torr

是否具有硅烷、乙硅烷、六氟乙硅烷? 没有

形成500或750Å厚度的薄膜。可以形成其它厚度的薄膜。

尽管已经通过其优选实施例描述了本发明,但是本领域的技术人员将认识到在所附权利要求书的精神和范围内,可以对本发明进行修改。

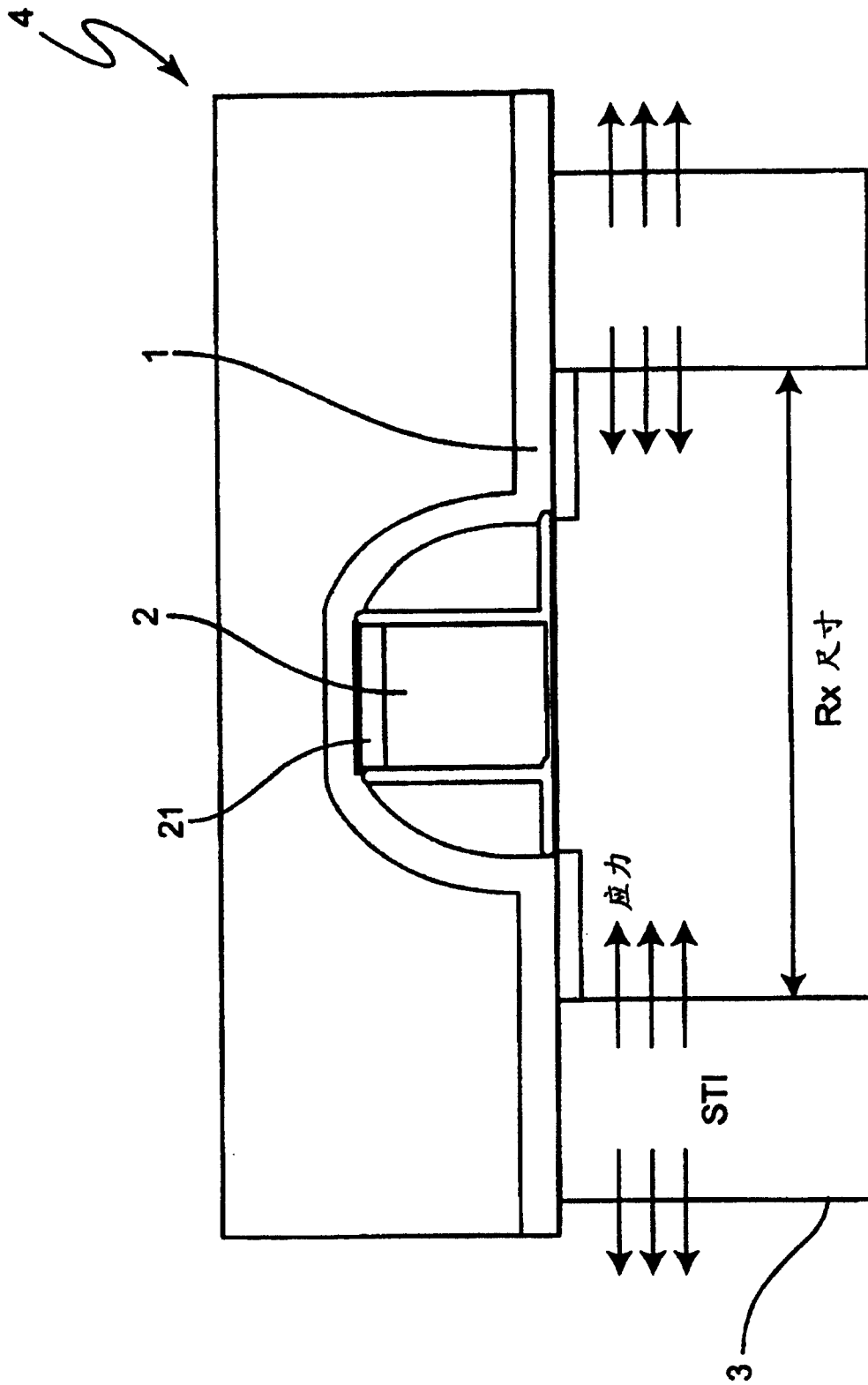


图 1

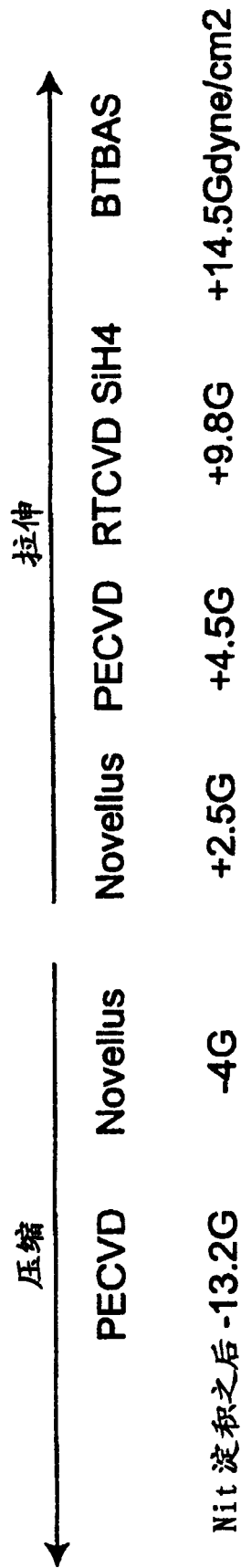


图 2

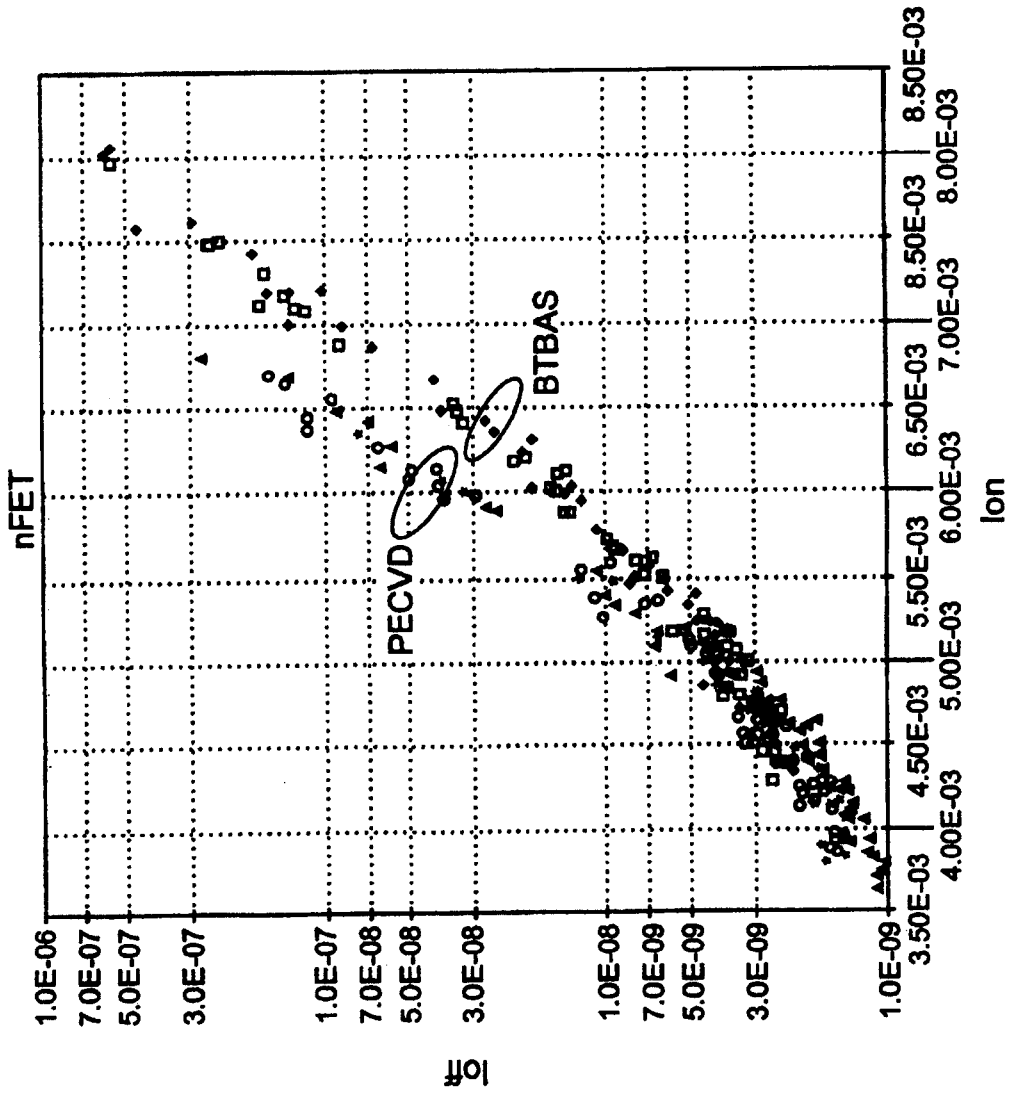


图 3

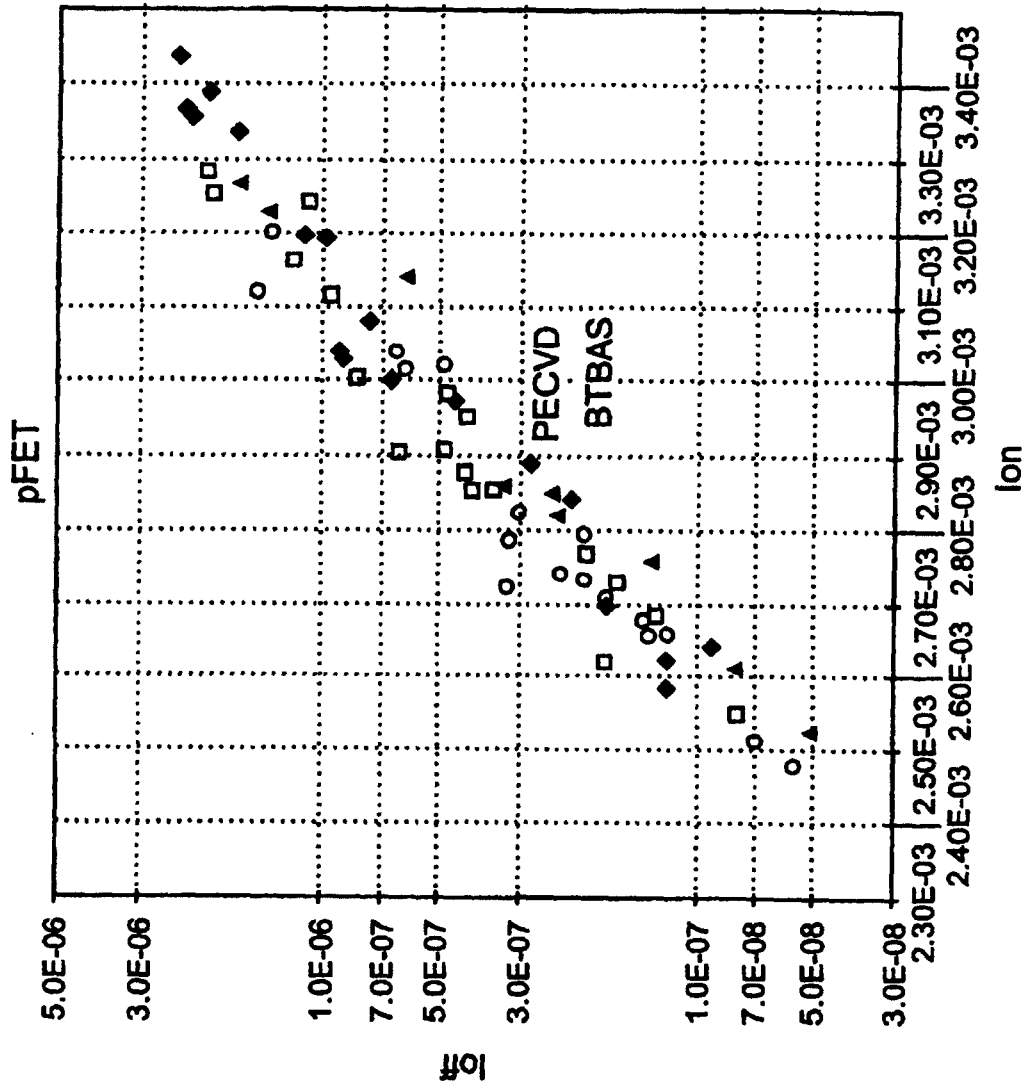


图 4

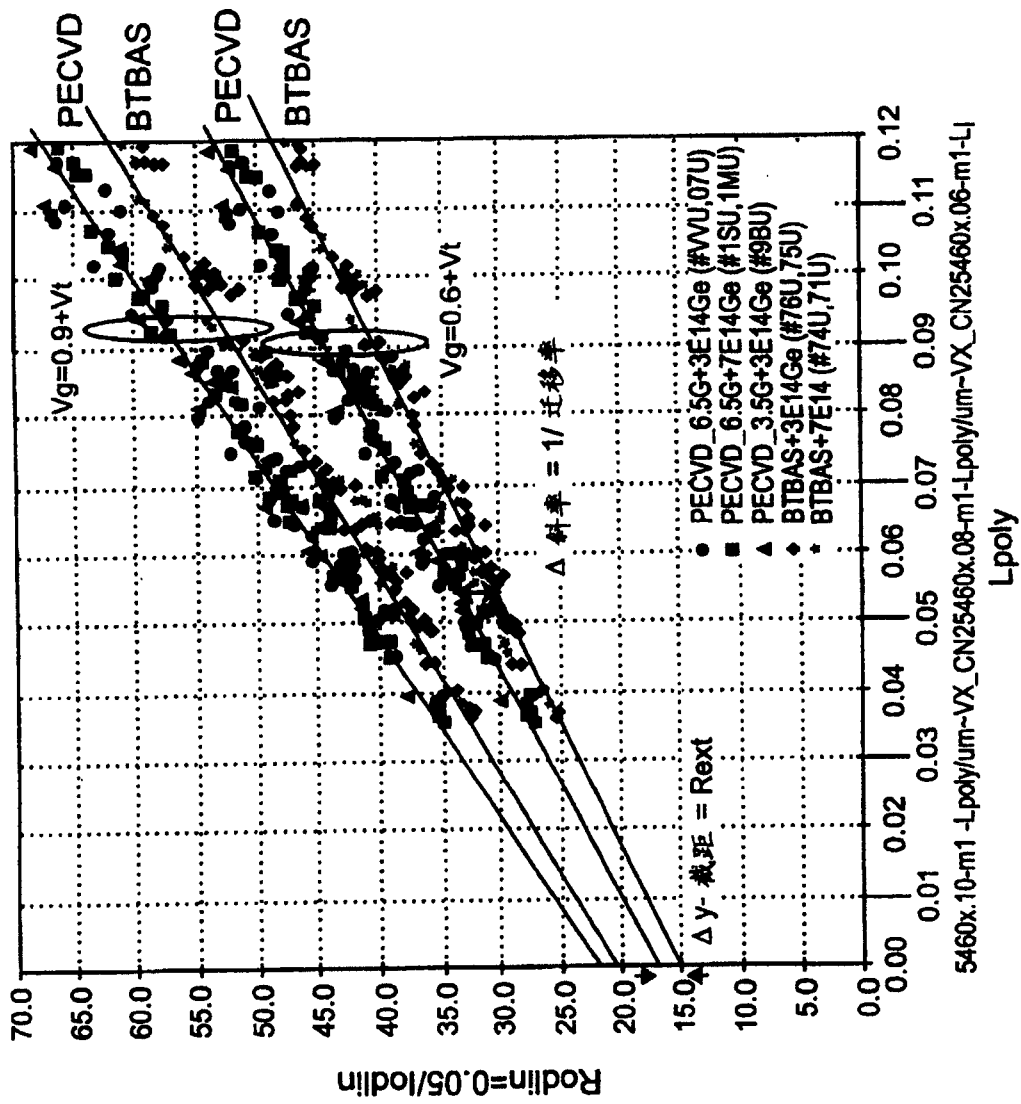


图 5

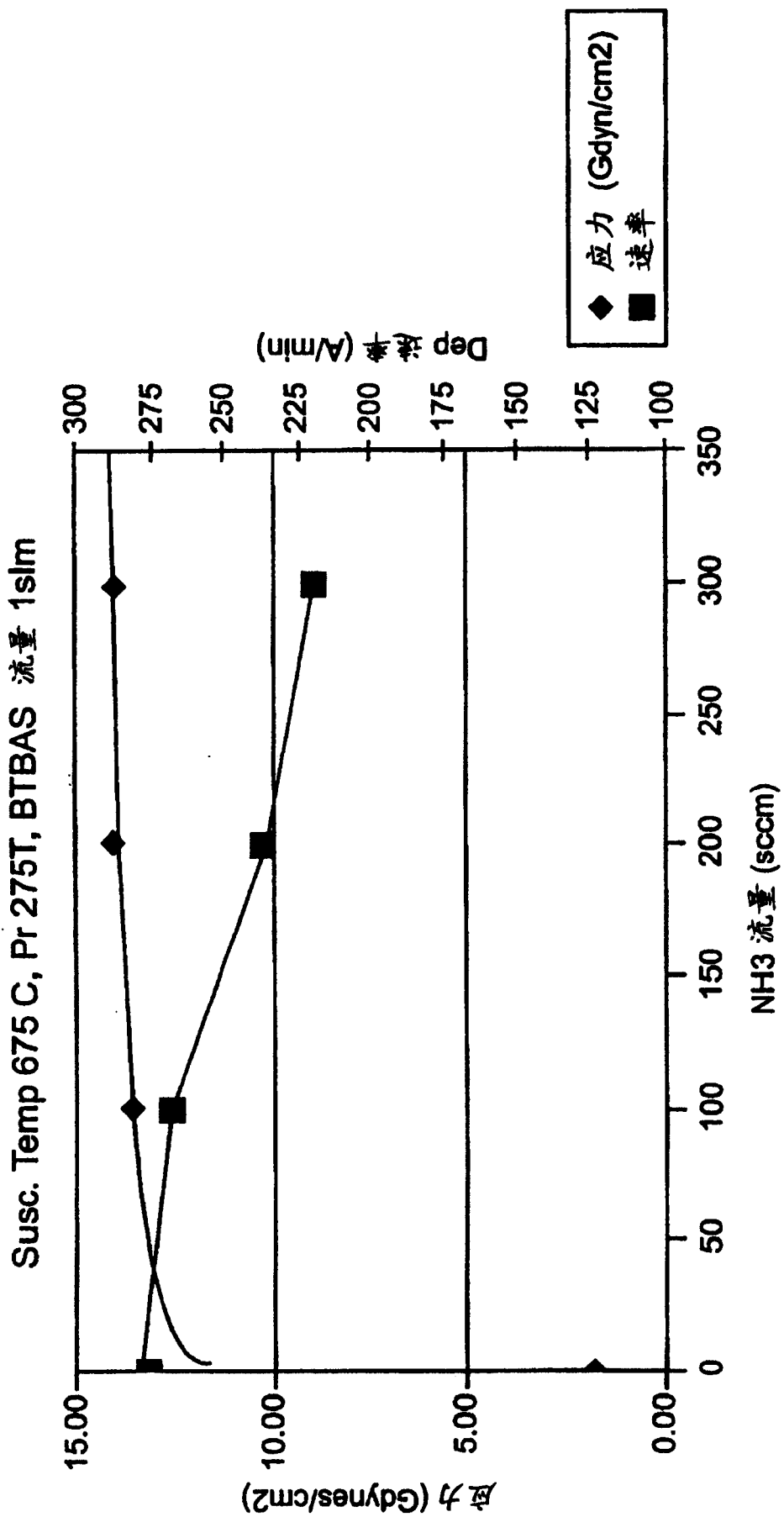


图 6

