



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103676492 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201210357243. 1

(22) 申请日 2012. 09. 21

(71) 申请人 中国科学院微电子研究所

地址 100029 北京市朝阳区北土城西路 3#

(72) 发明人 贺晓彬 孟令款 丁明正 刘艳松

(74) 专利代理机构 北京蓝智辉煌知识产权代理
事务所(普通合伙) 11345

代理人 陈红

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

G03F 1/20(2012. 01)

H01L 21/027(2006. 01)

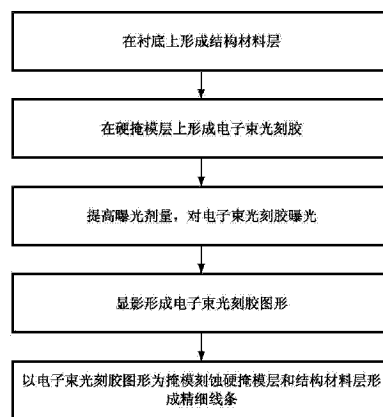
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

电子束光刻方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电子束光刻方法,包括:在结构材料层上形成硬掩模层;在硬掩模层上形成电子束光刻胶;采用电子束曝光系统,对电子束光刻胶进行曝光,其中通过增加曝光剂量来提高电子束光刻胶的抗刻蚀性;采用显影液对曝光后的电子束光刻胶显影,形成电子束光刻胶图形;以电子束光刻胶图形为掩模,各向异性刻蚀硬掩模层和结构材料层,形成所需的精细线条。依照本发明的电子束光刻方法,在保证高宽比不变的情况下通过改变工艺条件来提高电子束胶的抗刻蚀性能,防止电子束胶被完全损失,由此提高了线条的精度、改进了最终器件的性能。



1. 一种电子束光刻方法,包括:
在结构材料层上形成硬掩模层;
在硬掩模层上形成电子束光刻胶;
采用电子束曝光系统,对电子束光刻胶进行曝光,其中通过增加曝光剂量来提高电子束光刻胶的抗刻蚀性;
采用显影液对曝光后的电子束光刻胶显影,形成电子束光刻胶图形;
以电子束光刻胶图形为掩模,各向异性刻蚀硬掩模层和结构材料层,形成所需的精细线条。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,曝光剂量增加量 100%。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中,电子束光刻胶的厚度小于 100nm。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,硬掩模层包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅及其组合。
5. 如权利要求 1 所述的方法,各向异性刻蚀采用等离子体干法刻蚀技术。
6. 如权利要求 5 所述的方法,其中,等离子体干法刻蚀采用 CCP 或 ICP 或 TCP 设备。
7. 如权利要求 5 所述的方法,其中,刻蚀之后还包括干法去胶和 / 或湿法腐蚀清洗。
8. 如权利要求 7 所述的方法,其中,湿法腐蚀清洗采用 SPM+APM。

电子束光刻方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体集成电路制造领域,更具体地,涉及一种能有效改善线宽粗糙度的电子束光刻方法。

背景技术

[0002] 随着集成电路对集成度的要求越来越高,集成电路器件的关键尺寸越来越小。而目前光学光刻能直接写出的最小线条在 45nm 左右,为了得到更小的线条,电子束曝光成为一个较好的途径。虽然由于电子束曝光耗时过长,无法用于大规模生产,但在实验室是完全可以使用电子束来制备 20nm 以下线条来提前进行刻蚀工艺开发。

[0003] 使用电子束曝光来写出电子束线条,通常包括以下步骤:在衬底上形成硬掩模层,在硬掩模层上涂布电子束光刻胶,采用电子束曝光系统按照版图设计对光刻胶局部曝光也即用电子束扫描需要曝光的区域使其交联变性,采用显影液化学处理光刻胶以去除部分光刻胶形成光刻胶掩模图形,并且使用干法刻蚀将光刻胶掩模图形转移至下方的硬掩膜层。

[0004] 想要得到 40nm 以下的线条就需要保证线条的高宽比小于 3 : 1,因为根据光刻经验当线条的高宽比大于 3 : 1 时,线条容易出现侧倒的现象,因此电子束胶的厚度就需要小于 100nm。但厚度小于 100nm 刻蚀就面临另一个问题,就是电子束胶是否能够保证硬掩膜的刻蚀。在硬掩膜刻蚀过程中也会有一定的胶的损失,当线宽大于 90nm 时,胶的厚度在 270nm 左右,因此在硬掩膜刻蚀中光刻胶不会完全损失;但现在只有 100nm 的胶厚时,就需要考虑胶是否能够抗住硬掩膜的刻蚀。

[0005] 附图 1A 是电子束曝光后线条的 SEM 图像,附图 1B 是硬掩模刻蚀后的线条的 SEM 图像。通过 SEM 图片可以发现在硬掩膜刻蚀后,线宽的粗糙度变得很差。这主要是由于电子束胶太薄,导致有些地方的胶在硬掩膜刻蚀过程中已经被完全损失,因此有些地方硬掩膜线条会被刻蚀出缺口。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于通过改善电子束曝光条件来改善硬掩膜刻蚀后的线宽粗糙度的问题。

[0007] 实现本发明的上述目的,是通过提供一种电子束光刻方法,包括:在结构材料层上形成硬掩模层;在硬掩模层上形成电子束光刻胶;采用电子束曝光系统,对电子束光刻胶进行曝光,其中通过增加曝光剂量来提高电子束光刻胶的抗刻蚀性;采用显影液对曝光后的电子束光刻胶显影,形成电子束光刻胶图形;以电子束光刻胶图形为掩模,各向异性刻蚀硬掩模层和结构材料层,形成所需的精细线条。

[0008] 其中,曝光剂量增加量 100%。

[0009] 其中,电子束光刻胶的厚度小于 100nm。

[0010] 其中,硬掩模层包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅及其组合。

[0011] 其中,各向异性刻蚀采用等离子体干法刻蚀技术。

[0012] 其中,等离子体干法刻蚀采用 CCP 或 ICP 或 TCP 设备。

[0013] 其中,刻蚀之后还包括干法去胶和 / 或湿法腐蚀清洗。

[0014] 其中,湿法腐蚀清洗采用 SPM+APM。

[0015] 依照本发明的电子束光刻方法,在保证高宽比不变的情况下通过改变工艺条件来提高电子束胶的抗刻蚀性能,防止电子束胶被完全损失,由此提高了线条的精度、改进了最终器件的性能。

附图说明

[0016] 以下参照附图来详细说明本发明的技术方案,其中:

[0017] 图 1A 和图 1B 分别为现有技术中电子束曝光以及刻蚀之后线条的 SEM 示意图;

[0018] 图 2 为依照本发明的电子束光刻方法的流程示意图;以及

[0019] 图 3A 和图 3B 分别为依照本发明的电子束光刻方法的电子束曝光以及刻蚀之后线条的 SEM 示意图。

具体实施方式

[0020] 以下参照附图并结合示意性的实施例来详细说明本发明技术方案的特征及其技术效果。需要指出的是,类似的附图标记表示类似的结构,本申请中所用的术语“第一”、“第二”、“上”、“下”、“厚”、“薄”等等可用于修饰各种器件结构。这些修饰除非特别说明并非暗示所修饰器件结构的空间、次序或层级关系。

[0021] 要改善电子束光刻线宽粗糙度,从原理上分析,目前有两个途径可以选择:

[0022] 1. 增加电子束胶的厚度。这个方案可以通过提高厚度来防止胶在刻蚀过程中完全损失,但缺点是由于胶厚的提高,线条的高宽比会变大。因此电子束在写 40nm 以下线条的时候容易出现侧倒现象,没有办法稳定的得到 40nm 以下线条。

[0023] 2. 提高电子束胶的抗刻蚀性。这个方案可以在保证高宽比不变的情况下通过改变工艺条件来提高电子束胶的抗刻蚀性能,防止电子束胶被完全损失。这个方案也是我们主要研发方向。

[0024] 图 2 为依照本发明的电子束光刻方法的流程示意图,其中该方法至少包括以下步骤:

[0025] 步骤 1,在结构材料层上形成硬掩模层。

[0026] 提供衬底,依照器件用途需要而合理选择,可包括单晶体硅 (Si)、SOI、单晶体锗 (Ge)、GeOI、应变硅 (Strained Si)、锗硅 (SiGe),或是化合物半导体材料,例如氮化镓 (GaN)、砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP)、锑化铟 (InSb),以及碳基半导体例如石墨烯、SiC、碳纳米管等等。出于与 CMOS 工艺兼容的考虑,衬底优选地为体 Si 或者 SOI。衬底中或者衬底上可以包括结构材料层,其可以是假栅极层 (多晶硅、非晶硅、微晶硅、非晶碳、非晶锗等材质)、多晶硅或者金属栅极层、局部互连结构 (例如 Cu、Al、W 等材质填充的大马士革结构)、顶部焊垫结构等等。在结构材料层上通过 LPCVD、PECVD、HDPCVD、RTO、化学氧化、MBE、ALD 等方法沉积形成硬掩模层。其中硬掩模层可以是单层也可以是多层层叠结构,其材质可以是氧化硅、氮化硅、氮氧化硅及其组合。在本发明一个实施例中,硬掩模层是 ONO 叠层结构,即氧化硅-氮化硅-氧化硅的三层层叠结构。以上各层厚度依照器件结构需要而合理设定。

[0027] 步骤 2, 在硬掩模层上形成电子束光刻胶。

[0028] 通过旋涂、喷涂、滴涂、丝网印刷等方法, 在硬掩模层上形成电子束光刻胶。其材质可以是 PMMA、环氧 618、COP 等等。由于本发明优选地适用于 45nm 以下精细线条的制造, 为了防止发生侧倒, 电子束光刻胶的厚度小于 100nm, 例如为 10 ~ 100nm 并且优选地为 30 ~ 60nm。

[0029] 步骤 3, 采用电子束曝光系统, 对电子束光刻胶进行曝光。

[0030] 电子束曝光系统可以是现有的改进 SEM、高斯扫描系统、成型束系统、有限散射角投影式系统等等。本发明人发现, 当增加曝光剂量时, 光刻胶中聚合物成分交联程度增大, 使得电子束光刻胶的抗刻蚀性明显提高。具体地, 对于高斯扫描系统, 增加 100% 曝光剂量时, 可以明显提高抗刻蚀性。进一步地, 相对于现有技术的曝光剂量 $0.5 \sim 2.5 \times 10^{-5} \text{C/cm}^2$, 在本发明一个实施例中的曝光剂量相应地增加为 $1 \sim 5 \times 10^{-5} \text{C/cm}^2$ 。此外, 作为其他实施例, 曝光剂量可以是 $1 \times 10^{-5} \text{C/cm}^2 \sim 2 \times 10^{-4} \text{C/cm}^2$ 。

[0031] 步骤 4, 采用显影液对曝光后的电子束光刻胶显影, 形成电子束光刻胶图形。例如, 在异丙酮等显影液中显影得出例如在 22nm 节点或以下的超精细图形。

[0032] 步骤 5, 以电子束光刻胶图形为掩模, 采用各向异性的方法依次刻蚀硬掩模层和结构材料层, 形成所需的精细线条。具体地, 采用等离子体刻蚀、反应离子刻蚀 (RIE) 等干法刻蚀技术, 刻蚀气体可以是碳氟基气体, 并且还可以包括惰性气体以及氧化性气体以调节刻蚀速率。其中, 干法刻蚀设备可以是 ICP、TCP、CCP 设备。优选地, 采用干法刻蚀和 / 或湿法腐蚀工艺去除刻蚀过程中产生的聚合物及其颗粒, 干法刻蚀例如采用氟基等离子体刻蚀, 湿法腐蚀例如 SPM (例如硫酸: 双氧水 = 4 : 1) / APM (例如氨水: 双氧水: 去离子水 = 1 : 1 : 5 或者 0.5 : 1 : 5) 湿法清洗。由于在步骤 3 中提高了曝光剂量, 电子束光刻胶的抗刻蚀性能明显提高, 因此即便在线宽 10nm 以下 (相应的电子束光刻胶厚度 30nm 左右) 的情形中, 电子束光刻胶也不会被例如碳氟基等刻蚀气体过分刻蚀, 因此不会出现图 1A 以及图 1B 所示的侧向线条缺口, 也即不会造成线宽粗糙度变差。图 3A 以及图 3B 示出了采用本发明的光刻方法形成的电子束曝光线条以及硬掩模刻蚀线条, 可见明显改善了电子束光刻 / 刻蚀的线条粗糙度。

[0033] 依照本发明的电子束光刻方法, 在保证高宽比不变的情况下通过改变工艺条件来提高电子束胶的抗刻蚀性能, 防止电子束胶被完全损失, 由此提高了线条的精度、改进了最终器件的性能。

[0034] 尽管已参照一个或多个示例性实施例说明本发明, 本领域技术人员可以知晓无需脱离本发明范围而对形成器件结构的方法做出各种合适的改变和等价方式。此外, 由所公开的教导可做出许多可能适于特定情形或材料的修改而不脱离本发明范围。因此, 本发明的目的不在于限定在作为用于实现本发明的最佳实施方式而公开的特定实施例, 而所公开的器件结构及其制造方法将包括落入本发明范围内的所有实施例。

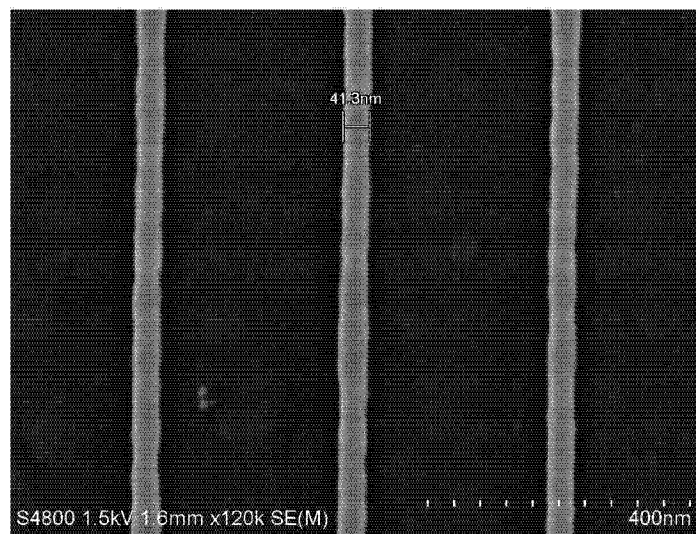


图 1A

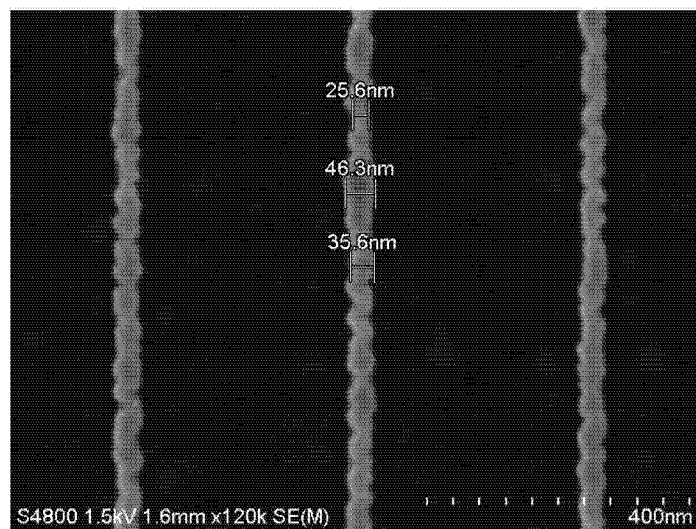


图 1B

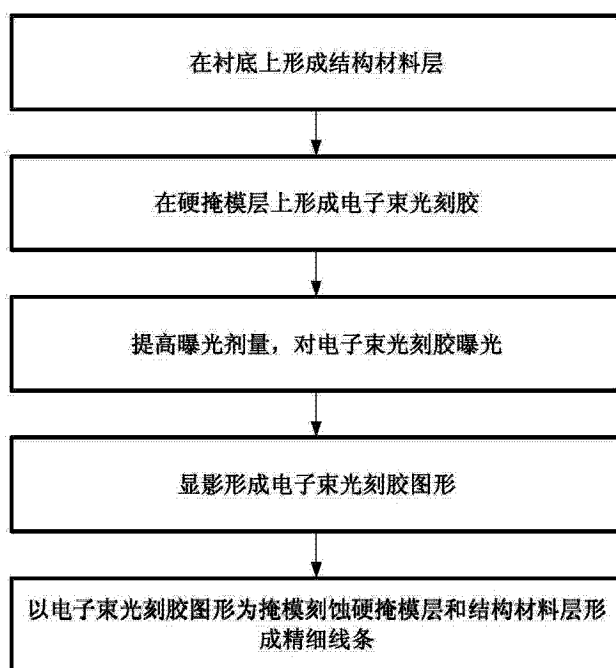


图 2

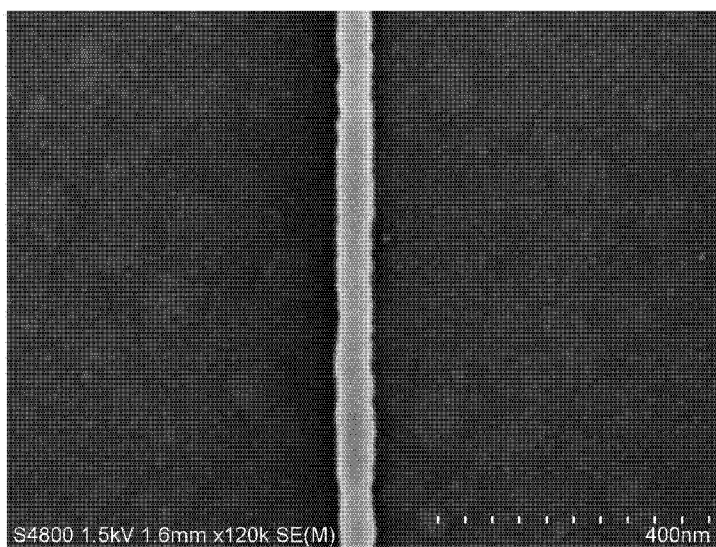


图 3A

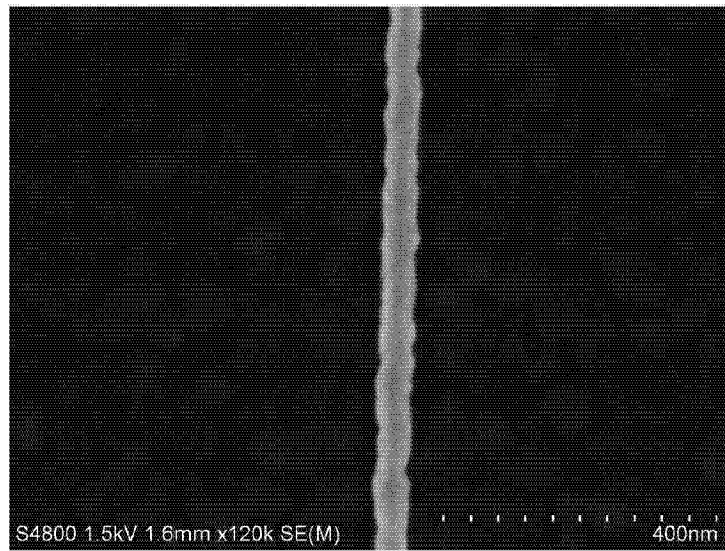


图 3B