



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114242583 B

(45) 授权公告日 2023.03.21

(21) 申请号 202111576471.3

(22) 申请日 2021.12.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114242583 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(73) 专利权人 江苏第三代半导体研究院有限公司

地址 215000 江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号苏州纳米城中北区23幢214室

(72) 发明人 李利哲 刘宗亮

(74) 专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 32256  
专利代理师 赵世发

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

G09K 13/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107591326 A, 2018.01.16

EP 0539963 A2, 1993.05.05

JP H065558 A, 1994.01.14

US 2020227271 A1, 2020.07.16

审查员 王洲玲

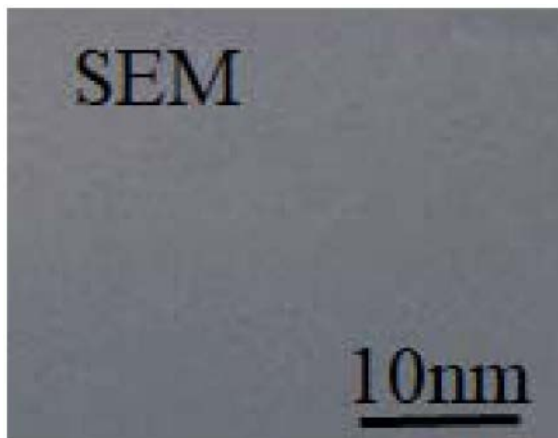
权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法及其应用

(57) 摘要

本发明公开了一种AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法及其应用。所述AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法包括：将AlGa<sub>N</sub>材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内；向所述刻蚀腔室内通入包含HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的刻蚀气体，且以等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体，再使所述等离子体与AlGa<sub>N</sub>材料表面的选定区域接触。本发明实施例提供的一种AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法，通过以特定比例的O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>作为辅助刻蚀气体与主刻蚀气体配合作用，不仅能够防止刻蚀残余物的形成及去除刻蚀残余物，形成平坦的刻蚀表面，也不会影响刻蚀的速率，并且，在刻蚀过程中，不使用含Cl的刻蚀气体，从而不会形成难以去除的AlGaCl<sub>x</sub>凸起残余物，进而提高刻蚀的质量。



1. 一种AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于包括:预先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>混合形成混合气体,再以所述混合气体与HBr气体作为刻蚀气体,所述混合气体中O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的摩尔比为(1.5-2):1;将所述刻蚀气体转化为等离子体,并使所述等离子体与AlGa<sub>N</sub>材料接触。

2. 根据权利要求1所述的AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于:所述HBr气体与由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的摩尔比为(6-25):(1-4)。

3. 根据权利要求1所述的AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于包括:采用功率为500-800W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体。

4. 一种AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于包括:

将AlGa<sub>N</sub>材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内;

先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>混合形成混合气体,再以所述混合气体与HBr气体作为刻蚀气体通入所述刻蚀腔室内,且以等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,再使所述等离子体与AlGa<sub>N</sub>材料表面的选定区域接触,其中,所述混合气体中O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的摩尔比为(1.5-2):1。

5. 根据权利要求4所述的AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于具体包括:

向所述刻蚀腔室内通入所述的刻蚀气体,控制其中HBr气体的流量为80-200sccm、由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的流量为10-40sccm、载气流量为80-400sccm,

以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为20-80mtorr,以功率为500-800W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGa<sub>N</sub>材料上施加200-300V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGa<sub>N</sub>材料表面的选定区域接触。

6. 根据权利要求4或5所述的刻蚀方法,其特征在于:所述HBr气体与由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的摩尔比为(6-25):(1-4)。

7. 根据权利要求5所述的AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法,其特征在于还包括:将AlGa<sub>N</sub>材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内,并将所述刻蚀腔室内的温度升高至500-600℃,然后使用氮气吹扫AlGa<sub>N</sub>材料表面,完成对AlGa<sub>N</sub>材料的表面清洁处理,而后再对所述AlGa<sub>N</sub>材料进行刻蚀。

8. 一种AlGa<sub>N</sub>器件的制作方法,其特征在于包括:以权利要求1-7中任一项所述的AlGa<sub>N</sub>材料的刻蚀方法对所述AlGa<sub>N</sub>器件中的AlGa<sub>N</sub>层进行干法刻蚀的步骤。

## AlGaIn材料的刻蚀方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种AlGaIn材料的刻蚀方法,特别涉及一种AlGaIn材料的刻蚀方法及其应用,属于半导体技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着GaN体系的材料越来越广泛的被关注,GaN体系的发光器件以及功率器件也受到了科研机构和企业广泛关注,在GaN体现的激光器、LED、HEMT、mini LED、micro LED结构中的都会使用到AlGaIn材料,并且在器件形成工艺中会对器件的层结构进行刻蚀,感应耦合等离子体(ICP)干法刻蚀工艺是常见的刻蚀工艺,对AlGaIn材料的刻蚀通常使用含氯气体进行刻蚀,含氯气体通常选用如氯气、三氯化硼等,而含氯气体在刻蚀AlGaIn时会有少量的氯离子与AlGaIn反应,形成AlGaCl<sub>x</sub>物质,这种物质在刻蚀时难以去除,会形成一些交叉状的凸起结构,如图1所示,形成的不平的凸起结构对刻蚀表面的平整度有很大的影响,由于不平坦的表面会对器件其他层的形成、器件载流子的迁移有很大的影响,会直接对器件性能造成严重的影响。因此,提供一种替代氯离子的刻蚀方法,并实现对AlGaIn材料的快速刻蚀,形成平坦的表面,仍是业界急需解决的技术问题。

### 发明内容

[0003] 本发明的主要目的在于提供一种AlGaIn材料的刻蚀方法及其应用,以克服现有技术中的不足。

[0004] 为实现前述发明目的,本发明采用的技术方案包括:

[0005] 本发明实施例提供了一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括:将包含HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的刻蚀气体转化为等离子体,并使所述等离子体与AlGaIn材料接触。

[0006] 本发明实施例提供了一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括:

[0007] 将AlGaIn材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内;

[0008] 向所述刻蚀腔室内通入包含HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的刻蚀气体,且以等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,再使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触。

[0009] 本发明实施例提供了一种AlGaIn器件的制作方法,包括以所述的AlGaIn材料的刻蚀方法对所述AlGaIn器件中的AlGaIn层进行干法刻蚀的步骤。

[0010] 与现有技术相比,本发明实施例提供了一种AlGaIn材料的刻蚀方法,通过以特定比例的O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>作为辅助刻蚀气体与主刻蚀气体配合作用,不仅能够防止刻蚀残余物的形成及去除刻蚀残余物,形成平坦的刻蚀表面,也不会影响刻蚀的速率,并且,在刻蚀过程中,不使用含Cl的刻蚀气体,从而不会形成难以去除的AlGaCl<sub>x</sub>凸起残余物,进而提高了刻蚀的质量。

### 附图说明

[0011] 图1是现有技术中以含氯气体对AlGaIn材料进行刻蚀后的SEM图;

[0012] 图2是本发明一典型实施案例中提供的一种AlGaIn材料的刻蚀方法的流程示意图；  
[0013] 图3是发明实施例6中对AlGaIn材料进行刻蚀后的SEM图。

### 具体实施方式

[0014] 鉴于现有技术中的不足，本案发明人经长期研究和大量实践，得以提出本发明的技术方案。如下将对该技术方案、其实施过程及原理等作进一步的解释说明。

[0015] 本发明实施例提供了一种AlGaIn材料的刻蚀方法，包括：将包含HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的刻蚀气体转化为等离子体，并使所述等离子体与AlGaIn材料接触。

[0016] 在一些较为具体的实施方案中，预先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>混合形成混合气体，再以所述混合气体与HBr气体作为刻蚀气体。

[0017] 在一些较为具体的实施方案中，所述混合气体中O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的摩尔比为(1.5-2):1，所述HBr气体与由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的摩尔比为(6-25):(1-4)。

[0018] 在一些较为具体的实施方案中，所述的AlGaIn材料的刻蚀方法包括：采用功率为500-800W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体。

[0019] 本发明实施例提供了一种AlGaIn材料的刻蚀方法，包括：

[0020] 将AlGaIn材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内；

[0021] 向所述刻蚀腔室内通入包含HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的刻蚀气体，且以等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体，再使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触。

[0022] 在一些较为具体的实施方案中，所述的AlGaIn材料的刻蚀方法具体包括：先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>混合形成混合气体，再将由所述O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体和HBr气体通入所述刻蚀腔室。

[0023] 在一些较为具体的实施方案中，所述的AlGaIn材料的刻蚀方法具体包括：

[0024] 向所述刻蚀腔室内通入所述的刻蚀气体，控制其中HBr气体的流量为80-200sccm、由O<sub>2</sub>与SF<sub>6</sub>形成的混合气体的流量为10-40sccm、载气流量为80-400sccm，

[0025] 以及，控制所述刻蚀腔室内的压力为20-80mtorr，以功率为500-800W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体，且在所述AlGaIn材料上施加200-300V的偏置电压，并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触。

[0026] 在一些较为具体的实施方案中，所述混合气体中，O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的摩尔比为(1.5-2):1，所述HBr气体与由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的摩尔比为(6-25):(1-4)。

[0027] 在一些较为具体的实施方案中，所述的AlGaIn材料的刻蚀方法还包括：将AlGaIn材料置于刻蚀设备的刻蚀腔室内，并将所述刻蚀腔室内的温度升高至500-600℃，然后使用氮气吹扫AlGaIn材料表面，完成对AlGaIn材料的表面清洁处理，而后再对所述AlGaIn材料进行刻蚀。

[0028] 本发明实施例提供了一种AlGaIn器件的制作方法，包括以所述的AlGaIn材料的刻蚀方法对所述AlGaIn器件中的AlGaIn层进行干法刻蚀的步骤；当然，所述的AlGaIn器件的制作方法还包括在对AlGaIn层进行刻蚀前后制作其他结构的步骤，其中制作其他结构的步骤根据具体器件类型不同而定，在此不做具体的限定。

[0029] 如下将结合附图对该技术方案、其实施过程及原理等作进一步的解释说明，除非特别说明的之外，本发明实施例中AlGaIn层、应力缓冲层等结构层的制作工艺均为本领域技术人员已知的，或者，可以直接采用市购的AlGaIn外延片，在此不做具体的限定，应理解，本

发明实施例主要是对本发明提供的AlGaIn材料的刻蚀方法进行解释和说明,其中所采用的刻蚀设备、生长设备等均是本领域技术人员已知的,在此不做具体的限定。

[0030] 请参阅图2,一种AlGaIn材料的刻蚀方法,具体包括如下步骤:

[0031] 1) 提供衬底,在衬底上形成AlGaIn层;

[0032] 需要说明的是,所述衬底可以为蓝宝石衬底、碳化硅衬底或者氮化镓衬底;为了提高AlGaIn层的晶体质量,在选用蓝宝石或者碳化硅作为衬底时,可以先在衬底上形成应力缓冲层,再在所述应力缓冲层上形成AlGaIn层,所述应力缓冲层的材质可以为氮化铝,而在选用氮化镓作为衬底时,由于AlGaIn层与氮化镓衬底的晶格匹配较好,因此不用考虑晶格失配的问题,则无需在氮化镓衬底上形成应力缓冲层;

[0033] 应理解的,根据所要制作的器件类型不同、AlGaIn层的作为不同器件的功能层的位置和厚度的不同,所述AlGaIn层的Al含量也不同,形成AlGaIn层的厚度也不同,本发明主要研究针对AlGaIn的刻蚀工艺,因此,对AlGaIn层的Al的含量以及其厚度并不做具体的限定;

[0034] 另外,由于沉积形成AlGaIn层的过程通常在MOCVD设备中进行,而刻蚀时是在ICP设备中进行,因此,在沉积形成AlGaIn层之后,需要将待刻蚀的AlGaIn材料取出,然后运送至ICP设备中,在运输过程中虽然对运输环境有要求,但不可避免的AlGaIn层会接触外界环境,因此在将AlGaIn材料运送至ICP设备中时,需要先对AlGaIn层进行清洗处理,清洗处理的过程包括:先将刻蚀腔室内的温度加热到500-600°C,然后使用氮气吹扫AlGaIn层的表面,500-600°C的温度环境能够去除AlGaIn层表面可能吸附的水汽,氮气吹扫能够将AlGaIn层表面可能粘附的杂质物质去掉,防止AlGaIn层表面粘附的杂质难以在刻蚀中去除;

[0035] 当然,根据需要制作的器件类型和刻蚀目标的不同,可以对AlGaIn层进行不同厚度和不同尺寸的刻蚀,本发明主要解释的是对AlGaIn层表面的刻蚀,对目标区域的大小和刻蚀深度先不做要求,后续可以根据本发明的刻蚀方法对AlGaIn层进行针对区域性的刻蚀;

[0036] 2) 在对AlGaIn层表面进行表面清洁处理之后或不进行表面清洁处理,使用电感耦合等离子体刻蚀(ICP)设备对AlGaIn层进行刻蚀,具体包括:

[0037] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,并向所述刻蚀腔室中通入HBr气体以及由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>混合形成的混合气体共同作为刻蚀气体,控制其中的HBr的流量为80-200sccm,载气的流量为80-400sccm,由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的流量为10-40sccm,其中,HBr为主刻蚀气体,O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>作为辅助刻蚀气体,载气为惰性气体,例如He气或者Ar气等,

[0038] 以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为20-80mtorr,以功率为500-800W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加200-300V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现AlGaIn材料的刻蚀。

[0039] 需要说明的是,在通入刻蚀腔室之前,先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>按照摩尔比(1.5-2):1进行混合形成混合气体,之后再O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的混合气体按照流量为10-40sccm通入刻蚀腔室,且所述HBr气体与由O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>形成的混合气体的摩尔比为(6-25):(1-4)。

[0040] 本发明实施例提供的一种AlGaIn材料的刻蚀方法,在刻蚀过程中,以HBr作为主刻蚀气体,由于Br自由基的化学活性远低于卤族其他元素的自由基的化学活性,卤族元素的电负性为:F(3.98)>Cl(3.16)>Br(2.96),Br离子的电负性较低,在对AlGaIn材料的刻蚀过程不会与AlGaIn反应形成AlGaBr这种物质,且刻蚀比较温和,不会对AlGaIn材料刻蚀区域或形

成的刻蚀结构(例如凹槽等)的侧壁造成较大的刻蚀损伤,且刻蚀后的刻蚀区域表面较为平坦,同时,本发明实施例以 $O_2$ 和 $SF_6$ 作为辅助刻蚀气体,且通入量较少;由于 $O_2$ 具有较强的氧化性能, $O_2$ 的存在可以防止刻蚀过程中残余物的形成和堆积,以及,还能够对刻蚀过程中产生的损伤区域进行氧化,并借助HBr气体将氧化的区域刻蚀去除,有助于形成平整的形貌;而 $SF_6$ 的刻蚀速率较快,从而能够提高刻蚀速率,但如果单独的使用 $SF_6$ 进行刻蚀,虽然由于F的电负性最高,刻蚀速率会比较快,但刻蚀过程中会对刻蚀结构(例如刻蚀凹槽)的底部和侧壁造成损伤,不利于形成平坦的沟槽形貌;因此,在辅助刻蚀气体中, $O_2$ 的摩尔量要多于 $SF_6$ 的摩尔量,这样可以在加快刻蚀的同时使用 $O_2$ 对刻蚀区域的侧壁进行氧化修复,从而有利于加快刻蚀速度,并形成表面平整的形貌,因此,在本发明中 $O_2$ 和 $SF_6$ 的摩尔比控制在(1.5-2):1。

[0041] 如下将结合具体实施例对该技术方案、其实施过程及原理等作进一步的解释说明。

[0042] 在如下实施例中,通过选用不同的刻蚀气体对相同的AlGaIn材料进行干法刻蚀,并观测各实施例刻蚀区域的刻蚀的深度以及刻蚀形貌。

[0043] 如下实施例中所采用的载气均采用Ar气,并保持载气的流量一致,即80-400sccm,且控制如下实施例中的刻蚀时间相同,需要说明的是,如下实施例中所采用的电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的型号、规格均是相同的,其中,相同的AlGaIn材料是指AlGaIn材料的制作工艺、尺寸规格等均相同。

[0044] 实施例1

[0045] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0046] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr作为刻蚀气体,且控制所述HBr的流量为150sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品1;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0047] 实施例2

[0048] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0049] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入 $SF_6$ 作为刻蚀气体,且控制所述 $SF_6$ 的流量为150sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品2;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0050] 实施例3

[0051] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0052] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr和 $SF_6$ 作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体, $SF_6$ 为辅助刻蚀气体,且控制所述HBr的流量为150sccm, $SF_6$ 的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为

60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品3;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0053] 实施例4

[0054] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0055] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr和O<sub>2</sub>作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体,O<sub>2</sub>为辅助刻蚀气体,且控制所述HBr的流量为150sccm,O<sub>2</sub>的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品4;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0056] 实施例5

[0057] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0058] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入SF<sub>6</sub>和O<sub>2</sub>作为刻蚀气体,其中,所述SF<sub>6</sub>为主刻蚀气体,O<sub>2</sub>为辅助刻蚀气体,且控制所述SF<sub>6</sub>的流量为150sccm,O<sub>2</sub>的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品5;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0059] 实施例6

[0060] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0061] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体,O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为150sccm,O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的混合气体的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品6;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1以及图3所示,由图3可以看出,本实施例刻蚀后的AlGaIn材料的表面平坦。

[0062] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>按照摩尔比1.5:1混合形成混合气体,再将所述混合气体和HBr气体通入刻蚀腔体中共同作为刻蚀气体。

[0063] 实施例7

[0064] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0065] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体,O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为150sccm,O<sub>2</sub>和SF<sub>6</sub>的混合气体的流量为25sccm,以及,控制

所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S;刻蚀后的AlGaIn材料记为样品7;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0066] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比1.8:1混合形成混合气体,再将所述混合气体和HBr气体通入刻蚀腔体中共同作为刻蚀气体。

[0067] 实施例8

[0068] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0069] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、 $O_2$ 和 $SF_6$ 作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体, $O_2$ 和 $SF_6$ 为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为150sccm,  $O_2$ 和 $SF_6$ 的混合气体的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S;刻蚀后的AlGaIn材料记为样品8;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0070] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比2:1混合形成混合气体,再将所述混合气体和HBr气体通入刻蚀腔体中共同作为刻蚀气体。

[0071] 实施例9

[0072] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0073] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、 $O_2$ 和 $SF_6$ 作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体, $O_2$ 和 $SF_6$ 为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为220sccm,  $O_2$ 和 $SF_6$ 的混合气体的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间30S;刻蚀后的AlGaIn材料记为样品9;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0074] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比1.8:1混合形成混合气体,再将所述混合气体和HBr气体通入刻蚀腔体中共同作为刻蚀气体。

[0075] 实施例10

[0076] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0077] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、 $O_2$ 和 $SF_6$ 作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体, $O_2$ 和 $SF_6$ 为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为70sccm,  $O_2$ 和 $SF_6$ 的混合气体的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现对AlGaIn材料选定区域的刻蚀;刻蚀后的AlGaIn材料记为样

品10;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0078] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比1.8:1混合形成混合气体,再将所述混合气体和HBr气体通入刻蚀腔体中共同作为刻蚀气体。

[0079] 实施例11

[0080] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0081] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、 $O_2$ 和 $SF_6$ 作为刻蚀气体,其中,所述HBr为主刻蚀气体, $O_2$ 和 $SF_6$ 为辅助刻蚀气体,且控制其中的HBr的流量为150sccm,  $O_2$ 和 $SF_6$ 的混合气体的流量为25sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品11;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0082] 需要说明的是,本实施例中的所述辅助刻蚀气体是先将 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比1:2混合形成混合气体后再通入所述刻蚀腔室中。

[0083] 实施例12

[0084] 一种AlGaIn材料的刻蚀方法,包括如下步骤:

[0085] 将AlGaIn材料置于电感耦合等离子体刻蚀(ICP)刻蚀设备的刻蚀腔室中,向所述刻蚀腔室内通入HBr、 $O_2$ 和 $SF_6$ 按照摩尔比20:1.8:1混合形成的混合气体作为刻蚀气体,且控制混合气体的流量为150sccm,以及,控制所述刻蚀腔室内的压力为60 mtorr,以功率为550W的等离子体功率源将所述刻蚀气体转化为等离子体,且在所述AlGaIn材料上施加250V的偏置电压,并使所述等离子体与AlGaIn材料表面的选定区域接触,从而实现AlGaIn材料选定区域的刻蚀,刻蚀时间为30S,刻蚀后的AlGaIn材料记为样品12;本实施例中刻蚀参数以及刻蚀后的AlGaIn材料表面粗糙度如表1所示。

[0086] 通过对实施例1-12获得的不同样品的SEM表面观测和对表面形貌粗糙度测量,为了便于对比,选定样品1的粗糙度的平均值为1,其余所有样品均与样品1的粗糙度进行对比,从粗糙度的比值可以直观反映出刻蚀后的形貌和粗糙度的关系。

[0087] 表1为实施例1-12中对AlGaIn材料进行干法刻蚀的主要刻蚀参数以及刻蚀后的形貌表征

AlGa <sub>N</sub> 材料	刻蚀气体源	刻蚀时间	刻蚀深度	刻蚀底部和侧壁粗糙度
样品 1	HBr	30S	2nm	1
样品 2	SF <sub>6</sub>	30S	5nm	3.5
样品 3	HBr+SF <sub>6</sub>	30S	4nm	1.8
样品 4	HBr+O <sub>2</sub>	30S	2.5nm	0.8
样品 5	SF <sub>6</sub> +O <sub>2</sub>	30S	5.3nm	2.8
样品 6	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	4.2nm	0.9
[0088] 样品 7	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	4.5nm	0.85
样品 8	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	4.3nm	0.85
样品 9	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	5nm	1.5
样品 10	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	2.8nm	0.8
样品 11	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	4.8nm	1.7
样品 12	HBr+O <sub>2</sub> +SF <sub>6</sub>	30S	3.5nm	0.9

[0089] 从表1示出的对比实验结果可知,在相同的刻蚀时间内,对比样品1和样品2可以看出,以SF<sub>6</sub>作为刻蚀气体的刻蚀速度大于以HBr作为刻蚀气体的刻蚀速度,但以SF<sub>6</sub>进行刻蚀时会增加AlGa<sub>N</sub>材料刻蚀区域的表面粗糙度,且会对刻蚀区域的侧壁造成损伤,形成粗糙的表面;对比样品1和样品4、样品2和样品5可以看出,O<sub>2</sub>的加入能够在一定程度上减少AlGa<sub>N</sub>材料刻蚀区域的粗糙度,提高刻蚀区域的侧壁形貌的平整性;对比样品1和样品3可以看出,采用SF<sub>6</sub>能够提高刻蚀速度,但会使AlGa<sub>N</sub>材料刻蚀区域的表面粗糙程度加大。

[0090] 对比样品4和样品6可以看出,虽然在没有采用SF<sub>6</sub>的样品4的AlGa<sub>N</sub>材料刻蚀区域的粗糙度最小,表面最平滑,但其刻蚀速度较慢,在相同时间内,实施例6中的刻蚀速度(刻蚀深度)是实施例4的1.68倍。

[0091] 与实施例6相比,实施例7提高了O<sub>2</sub>的用量,因此,样品7的刻蚀的深度有所提高,并且刻蚀的粗糙度减小,这是因为O<sub>2</sub>的加入能够提高氧化性能,提高了刻蚀速率,并且提高表面的平整性能;而对比实施例8,进一步提高O<sub>2</sub>的用量,并没有进一步提高刻蚀速率,这是因为过多的O<sub>2</sub>稀释了SF<sub>6</sub>,SF<sub>6</sub>与AlGa<sub>N</sub>材料的接触几率减小,进而降低了刻蚀速率。

[0092] 对比实施例9和实施例10,通过提高HBr的流量(样品9)和减少HBr的流量(样品10),以及,改变主刻蚀气体的流量,并不会单纯的增大或者减小刻蚀的速率,并且还会影响刻蚀表面的粗糙度,样品9的粗糙度明显提高,而实施例10中的样品10的粗糙度虽然较实施例7中的样品7的粗糙度减少,但刻蚀速率明显减少了很多。

[0093] 将实施例6-8与实施例11相比,实施例11的刻蚀气体中的 $\text{SF}_6$ 含量更高,但实施例11并没有很显著的提高刻蚀的速率,但实施例11中的样品11的粗糙度却大大增加,这是因为 $\text{SF}_6$ 含量增大而 $\text{O}_2$ 含量减少时,由于表面的氧化性减少, $\text{SF}_6$ 刻蚀会增大粗糙度,但由于 $\text{O}_2$ 氧化性减小,刻蚀速率并没有实质的提高很多。

[0094] 将实施例12与实施例6-11对比发现,将 $\text{HBr}$ 、 $\text{O}_2$ 和 $\text{SF}_6$ 进行混合之后一起通入到刻蚀设备中作为刻蚀气体,并将所述刻蚀气体形成等离子体进行刻蚀,以与实施例7对比为例,实施例12中的刻蚀速率和刻蚀的粗糙度均有所减低,这是因为在将主刻蚀气体和辅助刻蚀气体预先混合好之后一起通入到ICP刻蚀装置中,由于 $\text{SF}_6$ 的相对分子量较 $\text{HBr}$ 和 $\text{O}_2$ 要大很多,虽然在通入刻蚀腔室之前已将气体进行了混合,但由于相对分子量大的 $\text{SF}_6$ 会向下沉,通入到刻蚀腔室中后, $\text{SF}_6$ 在混合气体的下方,而在被转化形成等离子体时,会较另外两种气体较延迟形成等离子体,这样就会使刻蚀速率有所减缓,不利于刻蚀速率的提升,而分别将 $\text{SF}_6$ 和 $\text{O}_2$ 的混合气体以及 $\text{HBr}$ 通入时,由于 $\text{SF}_6$ 通入的管路与主刻蚀气体的管路不同,在刻蚀腔室内将气体形成等离子体时,各自管路的气体通入到刻蚀腔室中,能快速形成等离子体而不会出现 $\text{SF}_6$ 下沉的现象,因此并不会影响刻蚀速率。

[0095] 综上可得,在综合考虑刻蚀速率和刻蚀表面的平整度时,将 $\text{O}_2$ 和 $\text{SF}_6$ 按照摩尔比1.8:1混合形成混合气体后再通入所述刻蚀腔室中,刻蚀效果最好。

[0096] 本发明实施例提供的一种 $\text{AlGaIn}$ 材料的刻蚀方法,采用不含氯元素的刻蚀气体刻蚀 $\text{AlGaIn}$ ,综合对比不同的刻蚀样品,使用 $\text{HBr}$ 作为主刻蚀气体,以 $\text{O}_2$ 和 $\text{SF}_6$ 作为辅助刻蚀气体,能够兼顾刻蚀速度和刻蚀表面平整性,进而提高 $\text{AlGaIn}$ 材料的刻蚀速度和刻蚀质量。

[0097] 需要说明的是,由于不同的物质(如硅或锗或砷体系的物质)使用的刻蚀腔室、刻蚀条件以及刻蚀过程中产生的副产物不同,本发明的实施例是针对 $\text{AlGaIn}$ 物质在ICP刻蚀时具有特定的副产物的缺陷进行改进提出的,与其他材料体系的刻蚀不同。

[0098] 本发明实施例提供的一种 $\text{AlGaIn}$ 材料的刻蚀方法,通过以特定比例的 $\text{O}_2$ 和 $\text{SF}_6$ 作为辅助刻蚀气体与主刻蚀气体配合作用,不仅能够防止刻蚀残余物的形成及去除刻蚀残余物,形成平坦的刻蚀表面,也不会影响刻蚀的速率,并且,在刻蚀过程中,不使用含Cl的刻蚀气体,从而不会形成难以去除的 $\text{AlGaInCl}_x$ 凸起残余物,进而提高刻蚀的质量。

[0099] 应当理解,上述实施例仅为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

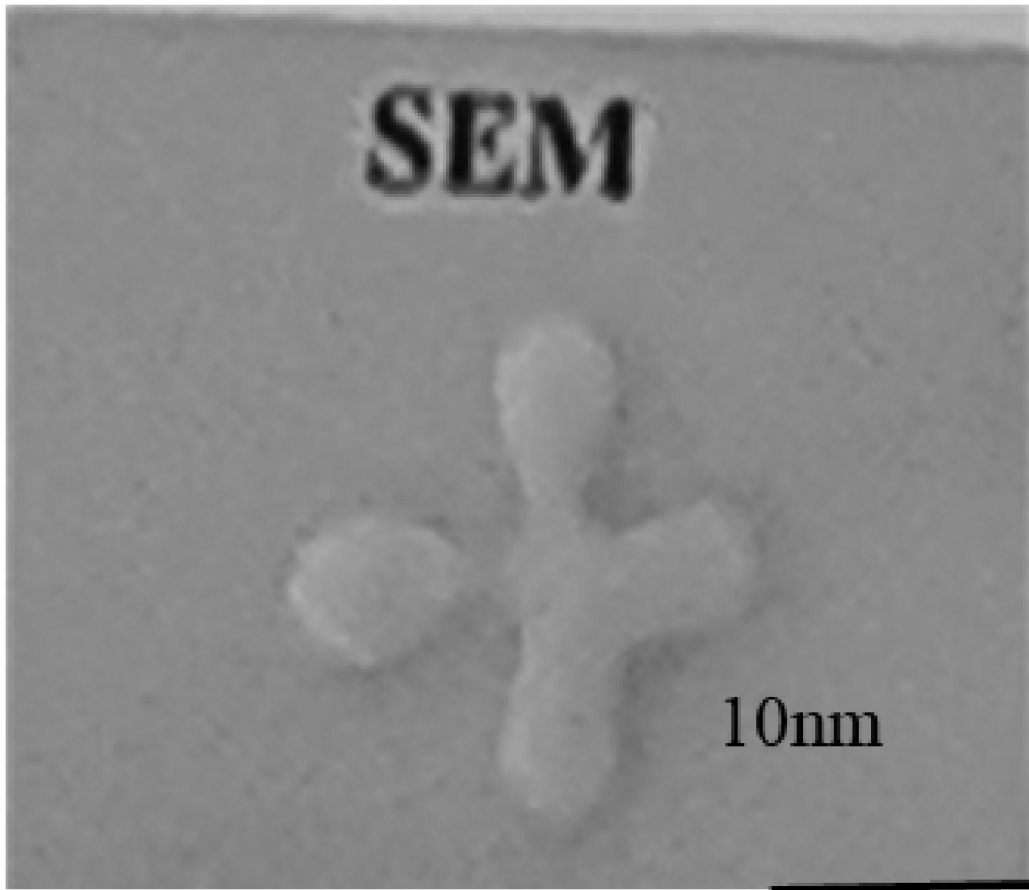


图1

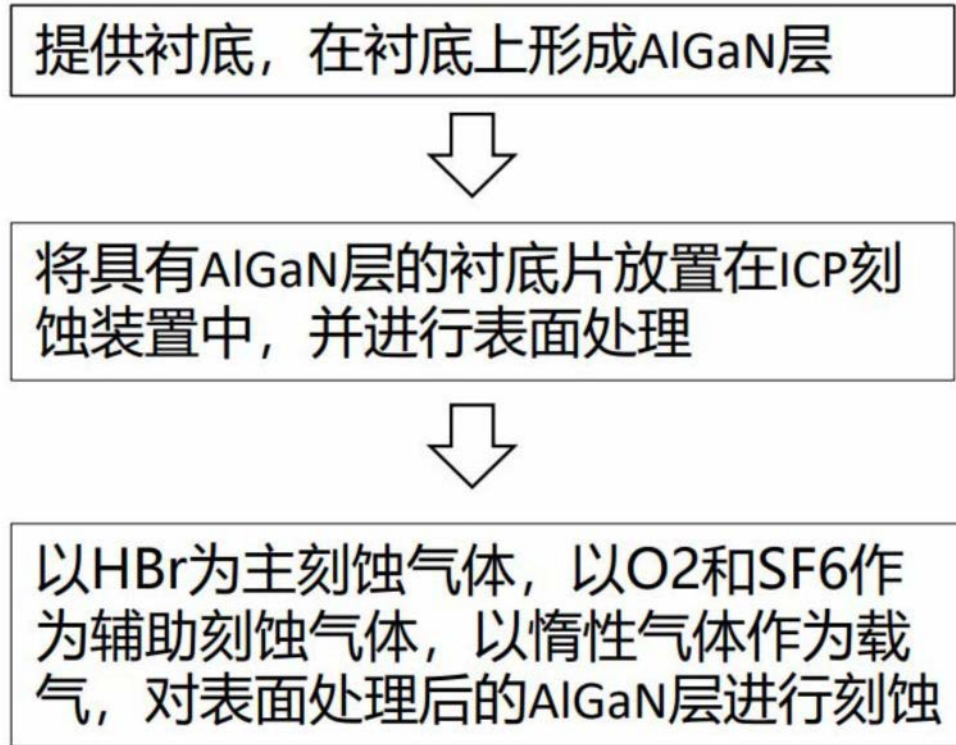


图2

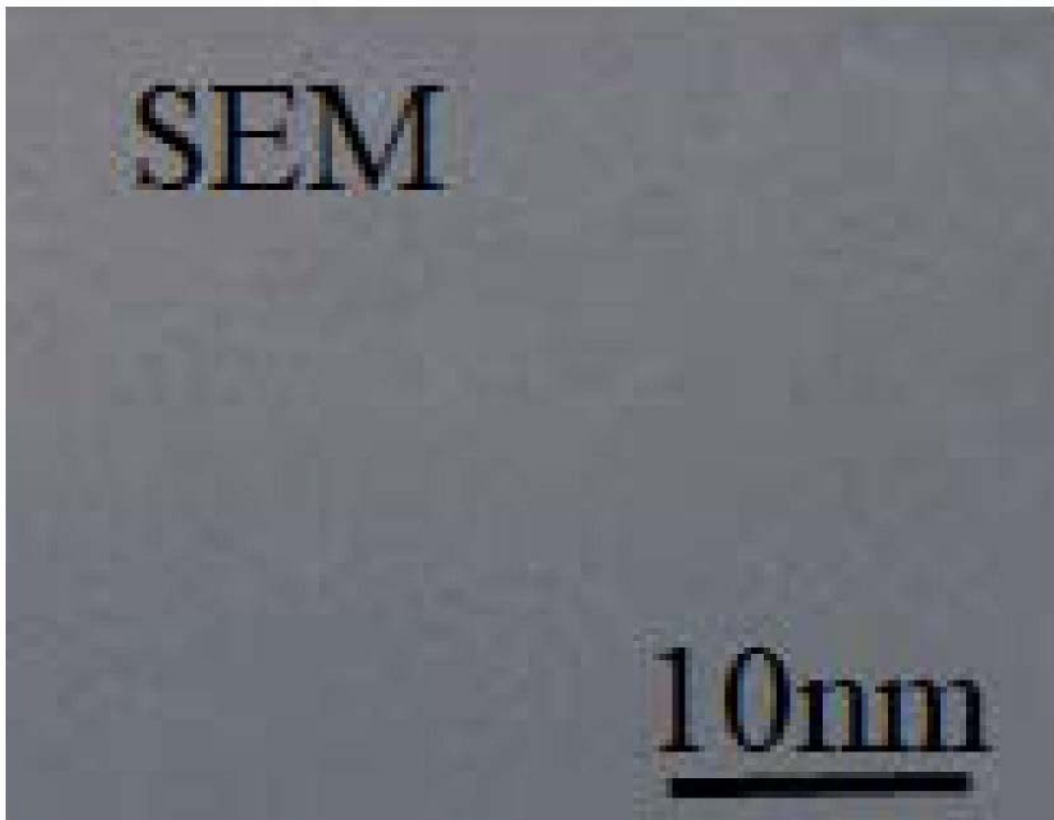


图3