(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 5 月 31 日 (31.05.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/100425 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 21/28 (2006.01) *H01L 21/336* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/113533

(22) 国际申请日: 2017 年 11 月 29 日 (29.11.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201711175832.7 2017年11月22日 (22.11.2017) CN

(71) 申请人: 深圳市华星光电半导体显示技术有限公司(**SHENZHEN CHINA STAR OPTOELECTRONICS SEMICONDUCTOR DISPLAY TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘明大道9-2号, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 谢 华 飞 (**XIE, Huafei**); 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘明大道 9-2 号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳汇智容达专利商标事务所（普通合伙）(**SHENZHEN RONDA PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE**); 中国广东省深圳市福田区深南中路求是大厦东座2709-2711, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,

(54) **Title:** THIN-FILM TRANSISTOR AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种薄膜晶体管及其制备方法

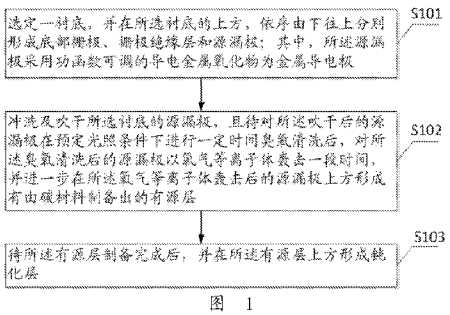


图 1

S101 SELECT A SUBSTRATE, AND SEQUENTIALLY FORM A BOTTOM GATE ELECTRODE, A GATE INSULATING LAYER AND A SOURCE/DRAIN ELECTRODE FROM BOTTOM TO TOP ABOVE THE SELECTED SUBSTRATE, WHEREIN THE SOURCE/DRAIN ELECTRODE USES A CONDUCTIVE METAL OXIDE WITH AN ADJUSTABLE WORK FUNCTION AS A METAL CONDUCTIVE ELECTRODE

S102 WASH AND DRY THE SOURCE/DRAIN ELECTRODE OF THE SUBSTRATE, AND AFTER THE DRIED SOURCE/DRAIN ELECTRODE IS WASHED WITH OZONE UNDER A PREDETERMINED LIGHTING CONDITION FOR A CERTAIN PERIOD OF TIME, PERFORM, FOR A PERIOD OF TIME, OXYGEN PLASMA BOMBARDMENT ON THE SOURCE/DRAIN ELECTRODE WASHED WITH OZONE, AND FURTHER FORM AN ACTIVE LAYER MADE OF A CARBON MATERIAL ABOVE THE SOURCE/DRAIN ELECTRODE AFTER THE OXYGEN PLASMA BOMBARDMENT

S103 AFTER THE ACTIVE LAYER IS PREPARED, FORM A PASSIVATION LAYER ABOVE THE ACTIVE LAYER

(57) **Abstract:** Provided is a method for preparing a thin-film transistor, the method comprising selecting a substrate (11), and sequentially forming a bottom gate electrode (12), a gate insulating layer (13) and a source/drain electrode (14) from bottom to top above the selected substrate (11), wherein the bottom gate electrode (12) and the source/drain electrode (14) both use a conductive metal oxide with an adjustable work function as a metal conductive electrode; washing and drying the source/drain electrode (14) of the substrate (11), and after the dried source/drain electrode (14) is washed with ozone under a predetermined lighting condition for a certain period of time, performing, for a period of time, oxygen plasma bombardment on the source/drain electrode (14) washed with ozone, and further forming an active layer (15) made of a carbon material above the source/drain electrode (14) after oxygen plasma bombardment; and after the active layer (15) is prepared, forming a passivation layer (16) above the active layer (15). The method can reduce the contact resistance and improve the performance of a carbon-based thin-film transistor device by regulating the work functions of contact surfaces of the conductive metal and the active layer (15).

WO 2019/100425 A1

[见续页]

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种薄膜晶体管的制备方法，包括选定一衬底（11），并在所选衬底（11）的上方，依序由下往上分别形成底部栅极（12）、栅极绝缘层（13）和源漏极（14）；其中，所述底部栅极（12）和所述源漏极（14）均采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极；冲洗及吹干所选衬底的源漏极（14），且待对吹干后的源漏极（14）在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对臭氧清洗后的源漏极（14）以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在氧气等离子体轰击后的源漏极（14）上方形成有由碳材料制备出的有源层（15）；待有源层（15）制备完成后，并在有源层（15）上方形成钝化层（16）。该方法能够通过调控导电金属与有源层（15）的接触面功函数，减小接触电阻，改善碳基薄膜晶体管器件性能。

一种薄膜晶体管及其制备方法

本申请要求于 2017 年 11 月 22 日提交中国专利局、申请号为201711175832.7、发明名称为“一种薄膜晶体管及其制备方法”的中国专利申请的优先权，上述专利的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及薄膜晶体管技术领域，尤其涉及一种薄膜晶体管及其制备方法。

背景技术

目前使用的非晶硅薄膜晶体管、IGZO（indium gallium zinc oxide，铟镓锌氧化物）薄膜晶体管等皆对光敏感，因光照下电学性能会发生漂移和改变，这样就需要在制备过程中以不透光的金属层遮挡有源层来减少光照的影响，使得显示器件开口率大大降低。

鉴于碳纳米管和石墨烯等碳材料中碳原子结构均呈现为碳原子以 sp2 杂化成六角环形排列的片层结构，因此具有优异的电学性能、力学性能和化学稳定性，可以应用于高频器件，提高器件的频率响应范围，也可代替传统硅基半导体器件，制备成高迁移率、可透明、可柔性卷曲的薄膜晶体管。与传统的硅基半导体和其他 III-V 族系列半导体相比，碳纳米管和石墨烯等碳材料因高迁移率、高光学透过性、长时间电学稳定性以及良好的机械弯折特性等优点，使得在柔性透明薄膜晶体管的应用上有着明显的优势。

然而，在制备薄膜晶体管时，碳纳米管和石墨烯等碳材料受到制备方法、分散溶剂、半导体纯度高低和成膜方式等因素影响，使得由碳纳米管和石墨烯等碳材料所形成的有源层的功函数在 4.2eV~5.2eV 之间波动。众所周知，

有源层与导电金属功函数匹配降低接触电阻形成欧姆接触是晶体管器件性能优良的保证，但是由碳纳米管和石墨烯等碳材料形成的有源层与金属电极之间的接触不是完美的欧姆接触，例如采用金属钛 Ti、金属钯 Pd、金属金 Au 和金属铂 Pt 等导电金属与碳纳米管接触，它们的功函数与碳纳米管接近，即便金属铂 Pt 与碳纳米管的接触电阻最小，但势垒仍然存在。因此，采用同样功函数可调的导电金属氧化物（功函数在 4.0eV~6.1eV 之间）进行功函数匹配具有重要的意义。

发明内容

本发明实施例所要解决的技术问题在于，提供一种薄膜晶体管及其制备方法，能够通过调控导电金属与有源层的接触面功函数，减小接触电阻，改善碳基薄膜晶体管器件性能。

为了解决上述技术问题，本发明实施例提供了一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S11、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S12、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S13、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层。

其中，所述步骤 S11 具体包括:

当选定一由硅化物制作而成的衬底时，在所选硅化物制作而成的衬底上方采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第一阈值的导电金属氧化物作

为底部栅极，然后采用等离子增强化学气相沉积法沉积出一层厚度值为第二阈值的二氧化硅作为栅极绝缘层；

待所选硅化物制作而成的衬底上方的栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

其中，所述步骤 S12 具体包括：

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选硅化物制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒；

将所述氧气等离子体轰击后的源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度下烘烤，得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层。

其中，所述步骤 S13 具体包括：

待所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层制备完成后，并在所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层。

其中，所选衬底为采用石英、玻璃制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层；其中，

所述透明栅极绝缘层和所述透明钝化层均采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明底部栅极和所述透明源漏极均采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极，且所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡;

所述透明有源层采用半导体碳纳米管或碳化硅制作而成。

其中，所述方法进一步包括:

在所述透明钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的透明导电金属氧化物作为透明顶部栅极。

相应的，本发明实施例还提供了另一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S21、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S22、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S23、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层;

其中，所述步骤 S21 具体包括:

当选定一由塑料制作而成的衬底时，将所选塑料制作而成的衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干;

在所选塑料制作而成的衬底上方通过紫外光刻技术形成图案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第四阈值的导电金属氧化物作为底部栅极，然后通过去光阻，使所述底部栅极图案化，再以原子力沉积技术

沉积出一层厚度值为第五阈值的非透明的绝缘材料作为栅极绝缘层，并通过紫外光刻与磷酸湿刻技术，使栅极绝缘层图案化;

待所选塑料制作而成的衬底上方的栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第六阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布上光阻并通过紫外光刻技术使所述涂布上的光阻图案化后，用磷酸湿刻掉暴露的氧化铟锡，进一步将未暴露的导电金属氧化物去光阻制备出源漏极图案。

其中，所述步骤 S22 具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选塑料制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由石墨烯制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到所述氧气等离子体轰击后的源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于所述石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的有源层。

其中，所述步骤 S23 具体包括:

待所述由石墨烯制备出的有源层制备完成后，并在所述由石墨烯制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层。

其中，所选衬底为采用透明塑料制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层; 其中，

所述透明栅极绝缘层和所述透明钝化层均采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机

透明绝缘材料;

所述透明底部栅极和所述透明源漏极均采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极，且所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡;

所述透明有源层采用石墨烯制作而成。

其中，所述方法进一步包括:

在所述透明钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的透明导电金属氧化物作为透明顶部栅极。

相应的，本发明实施例还提供了又一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S31、选定一衬底，并在所选衬底的上方形成源漏极；其中，所述源漏极均采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S32、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S33、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极。

其中，所述步骤 S31 具体包括:

当选定一由硅化物制作而成的衬底时，在所选硅化物制作而成的衬底上方采用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

其中，所述步骤 S32 具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选硅化物制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由半导体碳纳米管或

碳化硅制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

将所述氧气等离子体轰击后的源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度下烘烤，得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层。

其中，所述步骤 S33 具体包括:

待所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层制备完成后，并在所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层，且进一步在所述钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的导电金属氧化物作为顶部栅极。

其中，所选衬底为采用石英、玻璃制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极；其中，

所述透明钝化层采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

所述透明有源层采用半导体碳纳米管或碳化硅制作而成;

所述透明顶部栅极采用功函数可调或不可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

其中，所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡。

其中，所述步骤 S31 还具体包括:

当选定一由塑料制作而成的衬底时，在所选塑料制作而成的衬底上方采用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

其中，所述步骤 S32 还具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选塑料制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由石墨烯制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到所述氧气等离子体轰击后的源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于所述石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的有源层。

其中，所述步骤 S33 还具体包括:

待所述由石墨烯制备出的有源层制备完成后，并在所述由石墨烯制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层，且进一步在所述钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的导电金属氧化物作为顶部栅极。

其中，所选衬底为采用透明塑料制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极；其中，

所述透明钝化层采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

所述透明有源层采用石墨烯制作而成;

所述透明顶部栅极采用功函数可调或不可调的透明导电金属氧化物为

金属导电极;

其中，所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡。

本发明通过在现有非晶硅薄膜晶体管成熟的制程与工艺上，增加对金属氧化物导电层（即源漏极）的臭氧清洗和氧等离子体处理两个步骤，改善导电金属氧化物的表面功函数，使其与碳材料有源层形成良好的欧姆接触，从而改善碳基薄膜晶体管器件性能，且本发明即可适用于非透明碳基材料薄膜晶体管的制备上，也可以适用于全透明碳基材料薄膜晶体管的制备上。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，根据这些附图获得其他的附图仍属于本发明的范畴。

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，根据这些附图获得其他的附图仍属于本发明的范畴。

图 1 为本发明实施例一提供的一种薄膜晶体管的制备方法的流程图;

图 2 为本发明实施例二提供的另一种薄膜晶体管的制备方法的流程图;

图 3 为本发明实施例三提供的又一种薄膜晶体管的制备方法的流程图;

图 4 为本发明实施例四提供的又一种薄膜晶体管的制备方法的流程图;

图 5 为本发明实施例五提供的又一种薄膜晶体管的制备方法的流程图;

图 6 为本发明实施例六提供的又一种薄膜晶体管的制备方法的流程图；

图 7 为本发明实施例八提供的一种薄膜晶体管的局部剖视图；

图 8 为本发明实施例十提供的另一种薄膜晶体管的局部剖视图；

图 9 为本发明实施例十二提供的又一种薄膜晶体管的局部剖视图。

具体实施方式

下面参考附图对本发明的优选实施例进行描述。

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。

如图 1 所示，为本发明实施例一中，提供的一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了非全透明底栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤：

步骤 S101、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极；

步骤 S102、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层；

步骤 S103、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层。

具体过程为，在步骤 S101 中，所选衬底由非透明材料制作而成；栅极绝缘层由非透明的绝缘材料制作而成，并通过等离子增强化学气相沉积法、原子力沉积技术或其它技术的工艺制程；底部栅极采用导电金属氧化物或透明导电金属氧化物为金属导电极，并通过射频磁控溅射法工艺制程；而源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物为金属导电极，

并通过磁控溅射法工艺制程。

根据衬底材质不同，其上方制备出的底部栅极、栅极绝缘层和源漏极也有相应不同的制备方法，具体如下：

在一个实施例中，首先选定硅化物衬底，并在硅化物衬底上采用射频磁控溅射法沉积 100nm 的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为底部栅极；其次，采用等离子增强化学气相沉积法（以硅烷与氧气为原料气体）沉积 400nm 的非透明的绝缘材料作为栅极绝缘层；然后，采用磁控溅射法沉积 100nm 的功函数可调的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为源漏极。

在另一个实施例中，首先选定塑料衬底，将所选塑料衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干；在所选塑料衬底上方通过紫外光刻技术形成图案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出 200nm 的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为底部栅极，然后通过去光阻，使底部栅极图案化，再以原子力沉积技术沉积出 50nm 的非透明的绝缘材料作为栅极绝缘层，并通过紫外光刻与磷酸湿刻技术，使栅极绝缘层图案化；然后，采用磁控溅射法沉积 100nm 的功函数可调的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为源漏极。

在步骤 S102 中，用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选衬底的源漏极，并用一定浓度（如浓度比值大于 70%的高浓度）的氮气对冲洗后的源漏极吹干，且进一步对吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在有源层成膜前，对臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒。应当说明的是，臭氧清洗和氧气等离子体处理包括氧气等离子体浴和注入，氧等离子体处理能清洁源漏极的导电金属氧化物表面有机杂质的同时，使源漏极的导电金属氧化物表面终端氧成份增加，表面极化增强，从而调控导电金属氧化物表面功函数。

其中，该有源层采用碳材料制作而成，该碳材料包括半导体碳纳米管、石墨烯和碳化硅，具体制备有源层的方法如下：

（1）当采用半导体碳纳米管或碳化硅制备有源层时，将氧气等离子体轰击后的源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度（如150℃）下烘烤（可持续30分钟），得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层（该有源层可根据工艺调整为透明或非透明均可）；

（2）当采用石墨烯制备有源层时，把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到氧气等离子体轰击后的源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的有源层（该有源层可根据工艺调整为透明或非透明均可）。

在步骤S103中，在上述由半导体碳纳米管、碳化硅、石墨烯之中其一制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值（如500nm）的二氧化硅作为钝化层。

如图2所示，为本发明实施例二中，提供的另一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了全透明底栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤：

步骤S201、选定一由透明材料制作而成的衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成透明底部栅极、透明栅极绝缘层和透明源漏极；其中，所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极；

步骤S202、冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后

的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层；

步骤 S203、待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方形成透明钝化层。

具体过程为，在步骤 S201 中，衬底的透明材料包括石英、玻璃和透明塑料；底部栅极也采用与透明源漏极相同功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极，且透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡；透明栅极绝缘层采用透明绝缘材料制作而成，且透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料。

采用不同材质的衬底，其上依序由下往上形成的透明底部栅极、透明栅极绝缘层和透明源漏极相对应的具体制备方法也不同，具体如下：

在一个实施例中，当选定一由石英或玻璃制作而成的衬底时，在所选石英或玻璃制作而成的衬底上方采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第一阈值（如 100nm）的氧化铟锡作为透明底部栅极，然后采用等离子增强化学气相沉积法（以硅烷与氧气为原料气体）沉积出一层厚度值为第二阈值（如 400nm）的二氧化硅作为透明栅极绝缘层；

待所选石英或玻璃制作而成的衬底上方的透明栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值（如 500nm）的氧化铟锡作为透明源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出透明源漏极图案。

在另一个实施例中，当选定一由透明塑料制作而成的衬底时，将所选透明塑料制作而成的衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干；

在所选透明塑料制作而成的衬底上方通过紫外光刻技术形成图案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第四阈值（如 200nm）的氧化铟锡作为透明底部栅极，然后通过去光阻，使透明底部栅极图案化，再以原子力沉积技术沉积出一层厚度值为第五阈值（如 50nm）的三氧化二铝作

为透明栅极绝缘层，并通过紫外光刻与磷酸湿刻技术，使透明栅极绝缘层图案化；

待所选透明塑料制作而成的衬底上方的透明栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第六阈值（如500nm）的氧化铟锡作为透明源漏极，再通过涂布上光阻并通过紫外光刻技术使所述涂布上的光阻图案化后，用磷酸湿刻掉暴露的氧化铟锡，进一步将未暴露的氧化铟锡去光阻制备出透明源漏极图案。

在步骤 S202 中，用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选衬底的透明源漏极，并用一定浓度（如浓度比值大于70%的高浓度）的氮气对冲洗后的透明源漏极吹干，且进一步对吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在透明有源层成膜前，对臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒。应当说明的是，臭氧清洗和氧气等离子体处理包括氧气等离子体浴和注入，氧等离子体处理能清洁透明源漏极的透明导电金属氧化物表面有机杂质的同时，使透明源漏极的透明导电金属氧化物表面终端氧成份增加，表面极化增强，从而调控透明导电金属氧化物表面功函数。

其中，该透明有源层采用碳材料制作而成，该碳材料包括半导体碳纳米管、石墨烯和碳化硅，具体制备有源层的方法如下：

（1）当采用半导体碳纳米管或碳化硅制备透明有源层时，将氧气等离子体轰击后的透明源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度（如150℃）下烘烤（可持续 30 分钟），得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的透明有源层；

（2）当采用石墨烯制备透明有源层时，把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到氧气等离子体轰击后的透明源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的透明有源层。

在步骤 S203 中，在上述由半导体碳纳米管、碳化硅、石墨烯之中其一制备出的透明有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值（如 500nm）的二氧化硅作为透明钝化层；其中，透明钝化层也采用与透明绝缘栅极层相同的透明绝缘材料制作而成。

如图 3 所示，为本发明实施例三中，提供的又一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了非全透明双栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤：

步骤 S301、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极；

步骤 S302、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层；

步骤 S303、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极。

相应于本发明实施例一中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备方法增加了顶部栅极的制备工艺，该顶部栅极的制备工艺与底部栅极制备工艺相同，如采用射频磁控溅射法沉积一层厚度值为 100nm 的氧化铟锡作为顶部栅极，而本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备

方法中衬底、底部栅极、栅极绝缘层、源漏极、有源层和钝化层的制备工艺与本发明实施例一中的薄膜晶体管的制备方法中衬底、底部栅极、栅极绝缘层、源漏极、有源层和钝化层对应相同，因此具体衬底、底部栅极、栅极绝缘层、源漏极、有源层和钝化层的制备工艺请参见本发明实施例一中的相关内容，在此不再一一赘述。

如图 4 所示，为本发明实施例四中，提供的又一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了全透明双栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤:

步骤 S401、选定一由透明材料制作而成的衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成透明底部栅极、透明栅极绝缘层和透明源漏极；所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S402、冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层;

步骤 S403、待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方，依序由下往上分别形成透明钝化层和透明顶部栅极。

其中，所述透明顶部栅极采用透明导电金属氧化物为金属导电极。

相应于本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例四中的薄膜晶体管的制备方法增加了透明顶部栅极的制备工艺，该透明顶部栅极的制备工艺与透明底部栅极制备工艺相同，如采用射频磁控溅射法沉积一层厚度值为第七阈值（如 100nm）的氧化铟锡作为透明顶部栅极，而本发明实施例四中的薄膜晶体管的制备方法中衬底、透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层的制备工艺与本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备方法中衬底、透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层对应相同，因此具体衬底、透明底部栅极、透明栅

极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层的制备工艺请参见本发明实施例二中的相关内容，在此不再一一赘述。

如图 5 所示，为本发明实施例五中，提供的又一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了非全透明顶栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤:

步骤 S501、选定一衬底，并在所选衬底的上方形成源漏极；其中，所述源漏极均采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S502、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S503、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极。

相应于本发明实施例三中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例五中的薄膜晶体管的制备方法省略了底部栅极和绝缘栅极层的制备工艺，而本发明实施例五中的薄膜晶体管的制备方法中有源层、钝化层和顶部栅极的制备工艺与本发明实施例三中的薄膜晶体管的制备方法中有源层、钝化层和顶部栅极对应相同，因此具体有源层、钝化层和顶部栅极的制备工艺请参见本发明实施例三中的相关内容，在此不再一一赘述。

然而，对于步骤 S501 中，直接将源漏极制备于衬底上方，因衬底材质不同，其上方制备出的源漏极也有相应不同的制备方法，具体如下:

在一个实施例中，选定硅化物（如石英、玻璃）衬底，并在硅化物衬底上采用射频磁控溅射法沉积一定厚度值（如 100nm）的功函数可调的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为漏源极即可。

在另一个实施例中，选定塑料衬底，将所选塑料衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干；在所选塑料衬底上方通过紫外光刻技术形成图

案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出一定厚度值（如 500nm）的功函数可调的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布上光阻并通过紫外光刻技术使所述涂布上的光阻图案化后，用磷酸湿刻掉暴露的氧化铟锡，进一步将未暴露的导电金属氧化物或透明导电金属氧化物去光阻制备出源漏极图案。

如图 6 所示，为本发明实施例六中，提供的又一种薄膜晶体管的制备方法，该方法示出了全透明顶栅结构碳基材料薄膜晶体管的制备方法，具体包括以下步骤:

步骤 S601、选定一衬底，并在所选衬底的上方形成透明源漏极；其中，所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S602、冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层;

步骤 S603、待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方，依序由下往上分别形成透明钝化层和透明顶部栅极。

相应于本发明实施例四中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例六中的薄膜晶体管的制备方法省略了透明底部栅极和透明绝缘栅极层的制备工艺，而本发明实施例六中的薄膜晶体管的制备方法中衬底、透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极的制备工艺与本发明实施例四中的薄膜晶体管的制备方法中衬底、透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极对应相同，因此具体衬底、透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极的制备工艺请参见本发明实施例四中的相关内容，在此不再一一赘述。

然而，对于步骤 S601 中，直接将透明源漏极制备于衬底上方，因衬底材质不同，其上方制备出的透明源漏极也有相应不同的制备方法，具体如下:

在一个实施例中，当选定一由石英或玻璃制作而成的衬底时，在所选石英或玻璃制作而成的衬底上方采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第八阈值（如 500nm）的氧化铟锡作为透明源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出所述透明源漏极图案。

在另一个实施例中，当选定一由透明塑料制作而成的衬底时，将所选透明塑料制作而成的衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干；在所选透明塑料制作而成的衬底上方通过紫外光刻技术形成图案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第九阈值（如 500nm）的氧化铟锡作为透明源漏极，再通过涂布上光阻并通过紫外光刻技术使所述涂布上的光阻图案化后，用磷酸湿刻掉暴露的氧化铟锡，进一步将未暴露的氧化铟锡去光阻制备出所述透明源漏极图案。

可以理解的是，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第十阈值（如 500nm）的氧化铟锡作为透明顶部栅极。

相应于本发明实施例一中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例七提供了一种薄膜晶体管，采用本发明实施例一中的薄膜晶体管的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为非全透明底栅结构碳基材料薄膜晶体管。

如图 7 所示，相应于本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例八提供了另一种薄膜晶体管，采用本发明实施例二中的薄膜晶体管的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为全透明底栅结构碳基材料薄膜晶体管。图 7 中，11-衬底，12-透明底部栅极，13-透明栅极绝缘层，14-透明源漏极，15-透明有源层，16-透明钝化层。

相应于本发明实施例三中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例九提供了又一种薄膜晶体管，采用本发明实施例三中的薄膜晶体管的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为非全透明双栅结构碳基材料薄膜晶体管。

如图 8 所示，相应于本发明实施例四中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例十提供了又一种薄膜晶体管，采用本发明实施例四中的薄膜晶体管

的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为全透明双栅结构碳基材料薄膜晶体管。图 8 中，21-衬底，22-透明底部栅极，23-透明栅极绝缘层，24-透明源漏极，25-透明有源层，26-透明钝化层，27-透明顶部栅极。

相应于本发明实施例五中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例十一提供了又一种薄膜晶体管，采用本发明实施例五中的薄膜晶体管的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为非全透明顶栅结构碳基材料薄膜晶体管。

如图 9 所示，相应于本发明实施例六中的薄膜晶体管的制备方法，本发明实施例十二提供了又一种薄膜晶体管，采用本发明实施例六中的薄膜晶体管的制备方法制备而成，该薄膜晶体管为全透明顶栅结构碳基材料薄膜晶体管。图 9 中，31-衬底，34-透明源漏极，35-透明有源层，36-透明钝化层，37-透明顶部栅极。

综上，本发明通过在现有非晶硅薄膜晶体管成熟的制程与工艺上，增加对金属氧化物导电层（即源漏极）的臭氧清洗和氧等离子体处理两个步骤，改善导电金属氧化物的表面功函数，使其与碳材料有源层形成良好的欧姆接触，从而改善碳基薄膜晶体管器件性能，且本发明即可适用于非透明碳基材料薄膜晶体管的制备上，也可以适用于全透明碳基材料薄膜晶体管的制备上。

以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已，当然不能以此来限定本发明之权利范围，因此依本发明权利要求所作的等同变化，仍属本发明所涵盖的范围。

权 利 要 求

1、一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S11、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S12、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S13、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述步骤 S11 具体包括:

当选定一由硅化物制作而成的衬底时，在所选硅化物制作而成的衬底上方采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第一阈值的导电金属氧化物作为底部栅极，然后采用等离子增强化学气相沉积法沉积出一层厚度值为第二阈值的二氧化硅作为栅极绝缘层;

待所选硅化物制作而成的衬底上方的栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述步骤 S12 具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选硅化物制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

将所述氧气等离子体轰击后的源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳

化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度下烘烤，得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层。

4、如权利要求 3 所述的方法，其中，所述步骤 S13 具体包括:

待所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层制备完成后，并在所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层。

5、如权利要求 4 所述的方法，其中，所选衬底为采用石英、玻璃制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层；其中，

所述透明栅极绝缘层和所述透明钝化层均采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明底部栅极和所述透明源漏极均采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极，且所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡;

所述透明有源层采用半导体碳纳米管或碳化硅制作而成。

6、如权利要求 5 所述的方法，其中，所述方法进一步包括:

在所述透明钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的透明导电金属氧化物作为透明顶部栅极。

7、一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S21、选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成

底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极；

步骤 S22、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层；

步骤 S23、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层；

其中，所述步骤 S21 具体包括：

当选定一由塑料制作而成的衬底时，将所选塑料制作而成的衬底放置于丙酮和异丙醇中超声清洗后以氮气吹干；

在所选塑料制作而成的衬底上方通过紫外光刻技术形成图案化光阻，并采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第四阈值的导电金属氧化物作为底部栅极，然后通过去光阻，使所述底部栅极图案化，再以原子力沉积技术沉积出一层厚度值为第五阈值的非透明的绝缘材料作为栅极绝缘层，并通过紫外光刻与磷酸湿刻技术，使栅极绝缘层图案化；

待所选塑料制作而成的衬底上方的栅极绝缘层制备完成后，用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第六阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布上光阻并通过紫外光刻技术使所述涂布上的光阻图案化后，用磷酸湿刻掉暴露的氧化铟锡，进一步将未暴露的导电金属氧化物去光阻制备出源漏极图案。

8、如权利要求 7 所述的方法，其中，所述步骤 S22 具体包括：

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选塑料制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由石墨烯制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒；

把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到所述

氧气等离子体轰击后的源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于所述石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的有源层。

9、如权利要求 8 所述的方法，其中，所述步骤 S23 具体包括:

待所述由石墨烯制备出的有源层制备完成后，并在所述由石墨烯制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层。

10、如权利要求 9 所述的方法，其中，所选衬底为采用透明塑料制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明底部栅极、透明栅极绝缘层、透明源漏极、透明有源层和透明钝化层；其中，

所述透明栅极绝缘层和所述透明钝化层均采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明底部栅极和所述透明源漏极均采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极，且所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡;

所述透明有源层采用石墨烯制作而成。

11、如权利要求 10 所述的方法，其中，所述方法进一步包括:

在所述透明钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的透明导电金属氧化物作为透明顶部栅极。

12、一种薄膜晶体管的制备方法，其中，所述方法包括以下步骤:

步骤 S31、选定一衬底，并在所选衬底的上方形成源漏极；其中，所述源漏极均采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极;

步骤 S32、冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以

氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层;

步骤 S33、待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极。

13、如权利要求 12 所述的方法，其中，所述步骤 S31 具体包括:

当选定一由硅化物制作而成的衬底时，在所选硅化物制作而成的衬底上方采用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

14、如权利要求 13 所述的方法，其中，所述步骤 S32 具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选硅化物制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

将所述氧气等离子体轰击后的源漏极浸泡至半导体碳纳米管溶液或碳化硅溶液中，使得其上方沉积有一层薄膜后，取出在一定温度下烘烤，得到碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜，再通过涂布光刻胶于所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述碳纳米管网络状薄膜或碳化硅网络状薄膜中晶体管沟道部分上方的光刻胶，制备出碳纳米管沟道或碳化硅沟道薄膜，即得到由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层。

15、如权利要求 14 所述的方法，其中，所述步骤 S33 具体包括:

待所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层制备完成后，并在所述由半导体碳纳米管或碳化硅制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层，且进一步在所述钝化层上方，采用射

频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的导电金属氧化物作为顶部栅极。

16、如权利要求 15 所述的方法，其中，所选衬底为采用石英、玻璃制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极；其中，

所述透明钝化层采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

所述透明有源层采用半导体碳纳米管或碳化硅制作而成;

所述透明顶部栅极采用功函数可调或不可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

其中，所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡。

17、如权利要求 12 所述的方法，其中，所述步骤 S31 还具体包括:

当选定一由塑料制作而成的衬底时，在所选塑料制作而成的衬底上方采用磁控溅射法沉积出一层厚度值为第三阈值的导电金属氧化物作为源漏极，再通过涂布光刻胶、曝光、蚀刻、去光阻制备出源漏极图案。

18、如权利要求 17 所述的方法，其中，所述步骤 S32 还具体包括:

用丙酮、甲醇和异丙醇浸泡冲洗所选塑料制作而成的衬底的源漏极，并用一定浓度的氮气对所述冲洗后的源漏极吹干，且进一步对所述吹干后的源漏极在有紫外光的条件下进行 60 秒臭氧清洗，待在由石墨烯制备出的有源层成膜前，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击 60 秒;

把生长在铜箔上的石墨烯通过聚甲基丙烯酸甲酯转印技术转移到所述氧气等离子体轰击后的源漏极上形成一层薄膜，再通过涂布光刻胶于所述石墨烯形成的薄膜上方，并用氧离子刻蚀所述石墨烯形成的薄膜中除晶体管沟道部分之外的其余部分后，继续去除所述石墨烯形成的薄膜中晶体管沟道部

分上方的光刻胶，即得到由石墨烯制备出的有源层。

19、如权利要求 18 所述的方法，其中，所述步骤 S33 还具体包括:

待所述由石墨烯制备出的有源层制备完成后，并在所述由石墨烯制备出的有源层上方，用化学气相沉积法覆盖上一定厚度值的二氧化硅作为钝化层，且进一步在所述钝化层上方，采用射频磁控溅射法沉积出一层厚度值为第七阈值的导电金属氧化物作为顶部栅极。

20、如权利要求 19 所述的方法，其中，所选衬底为采用透明塑料制作而成的透明衬底，且其对应上方形成有透明源漏极、透明有源层、透明钝化层和透明顶部栅极；其中，

所述透明钝化层采用透明绝缘材料制作而成，所述透明绝缘材料包括二氧化硅、氧化石墨烯、氮化硅、三氧化二铝和有机透明绝缘材料;

所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

所述透明有源层采用石墨烯制作而成;

所述透明顶部栅极采用功函数可调或不可调的透明导电金属氧化物为金属导电极;

其中，所述透明导电金属氧化物包括氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锡氟、氧化锌镓和氧化锌锡。

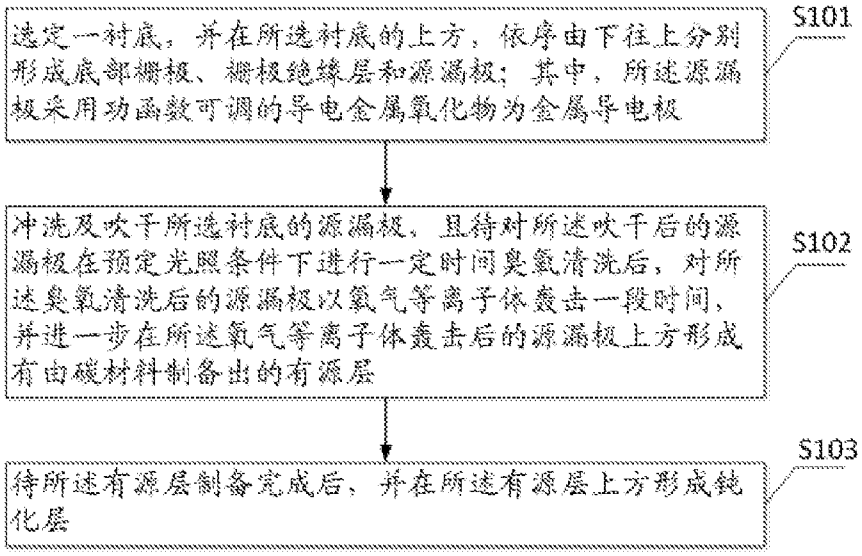

选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极
S101
冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层
S102
待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方形成钝化层
S103

图 1

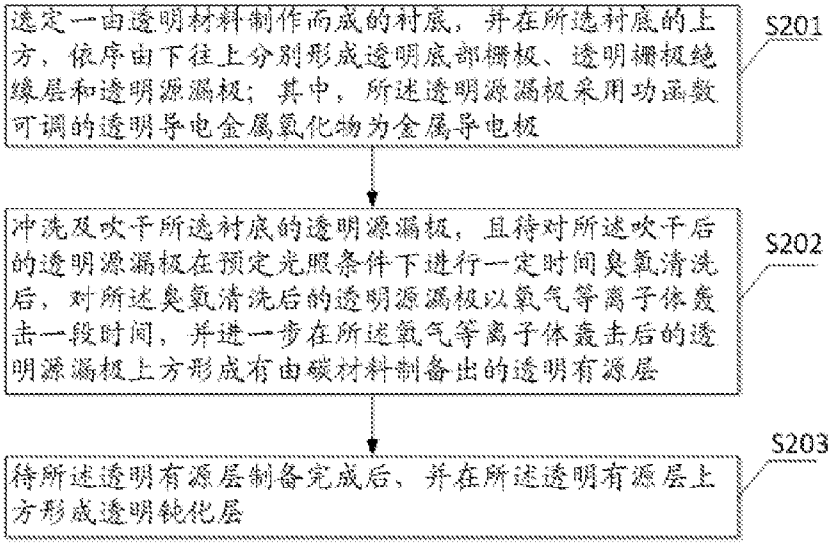

选定一由透明材料制作而成的衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成透明底部栅极、透明栅极绝缘层和透明源漏极；其中，所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极
S201
冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层
S202
待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方形成透明钝化层
S203

图 2

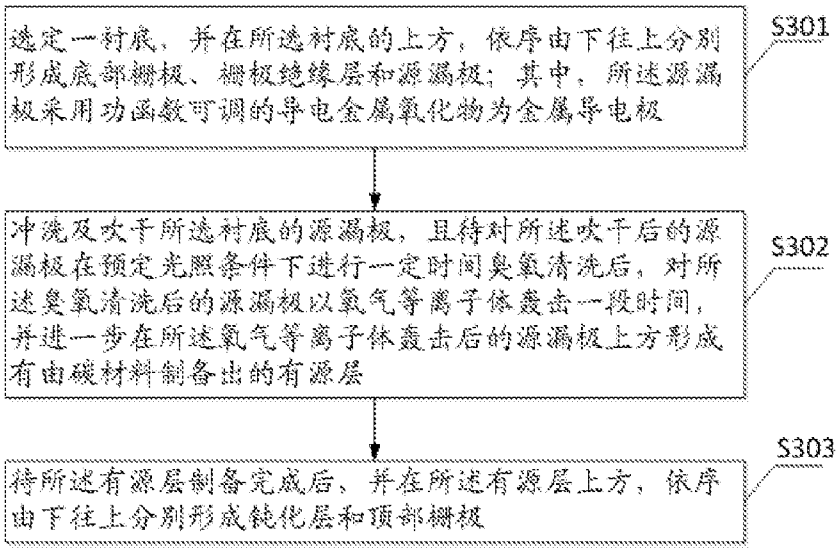

选定一衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成底部栅极、栅极绝缘层和源漏极；其中，所述源漏极采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极
S301
冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层
S302
待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极
S303

图 3

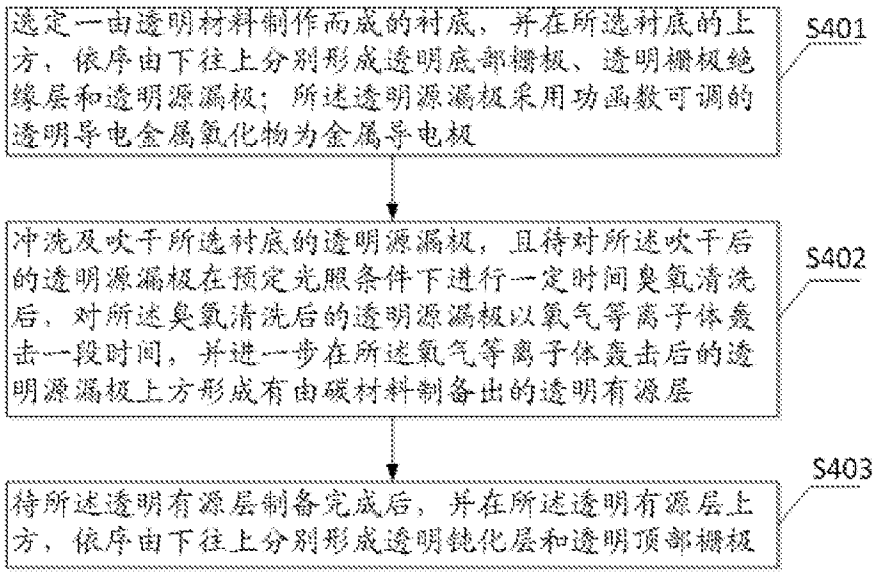

选定一由透明材料制作而成的衬底，并在所选衬底的上方，依序由下往上分别形成透明底部栅极、透明栅极绝缘层和透明源漏极；所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极
S401
冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层
S402
待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方，依序由下往上分别形成透明钝化层和透明顶部栅极
S403

图 4

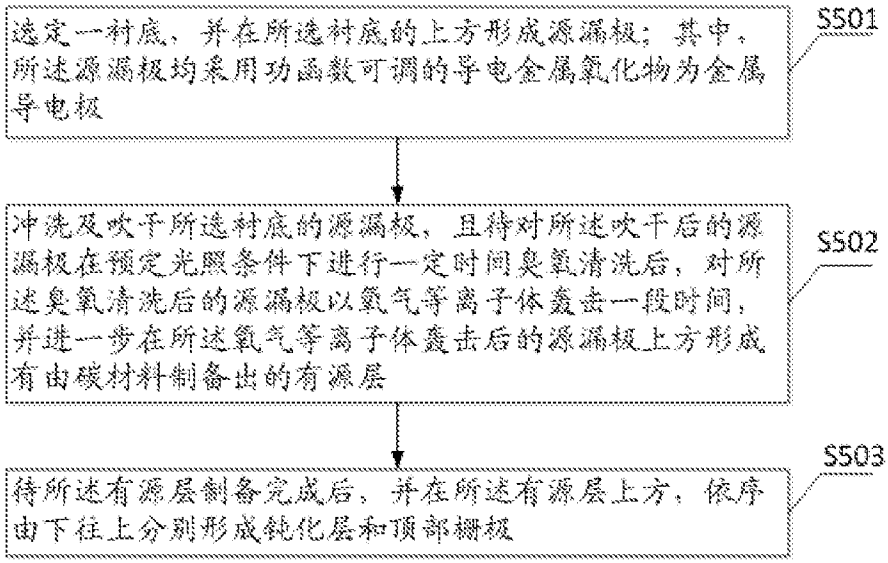

选定一衬底，并在所选衬底的上方形成源漏极；其中，所述源漏极均采用功函数可调的导电金属氧化物为金属导电极
S501
冲洗及吹干所选衬底的源漏极，且待对所述吹干后的源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的源漏极上方形成有由碳材料制备出的有源层
S502
待所述有源层制备完成后，并在所述有源层上方，依序由下往上分别形成钝化层和顶部栅极
S503

图 5

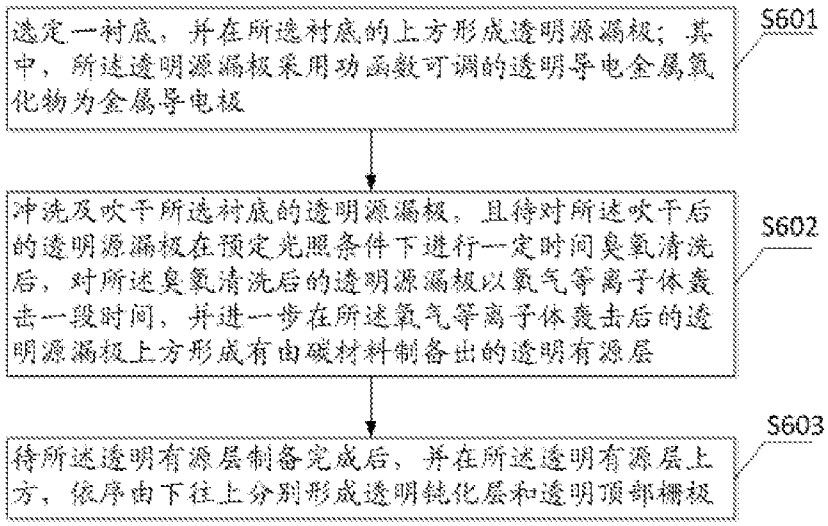

选定一衬底，并在所选衬底的上方形成透明源漏极；其中，所述透明源漏极采用功函数可调的透明导电金属氧化物为金属导电极
S601
冲洗及吹干所选衬底的透明源漏极，且待对所述吹干后的透明源漏极在预定光照条件下进行一定时间臭氧清洗后，对所述臭氧清洗后的透明源漏极以氧气等离子体轰击一段时间，并进一步在所述氧气等离子体轰击后的透明源漏极上方形成有由碳材料制备出的透明有源层
S602
待所述透明有源层制备完成后，并在所述透明有源层上方，依序由下往上分别形成透明钝化层和透明顶部栅极
S603

图 6

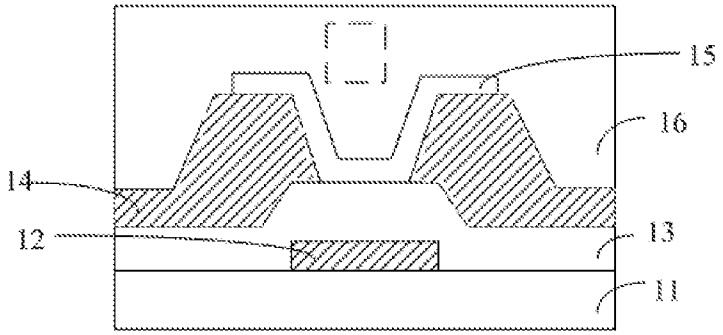


图 7

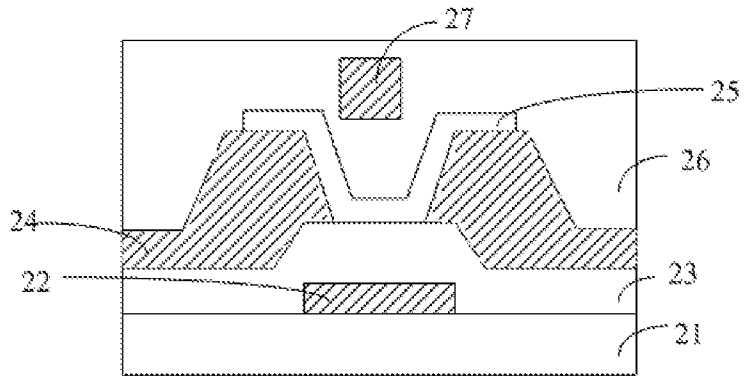


图 8

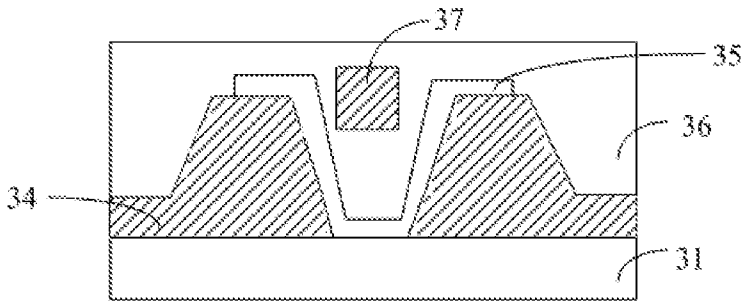


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/113533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/28(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 薄膜晶体管, 衬底, 栅极, 源极, 漏极, 金属氧化物, 臭氧, 等离子体, 有源层, 钝化层, thin film transistor, substrate, grid, source, drain, metal oxide, ozone, plasma, active layer, passivation layer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1979912 A (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 13 June 2007 (2007-06-13) description, page 3, line 5 to page 6, line 10, and figure 2	1-20
A	CN 103325840 A (PEKING UNIVERSITY SHENZHEN GRADUATE SCHOOL) 25 September 2013 (2013-09-25) entire document	1-20
A	CN 103545221 A (GUANGZHOU NEW VISION OPTO-ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 January 2014 (2014-01-29) entire document	1-20
A	CN 105655389 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD. ET AL.) 08 June 2016 (2016-06-08) entire document	1-20
A	US 2015357480 A1 (YU, GUANG ET AL.) 10 December 2015 (2015-12-10) entire document	1-20
A	US 5796121 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 18 August 1998 (1998-08-18) entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 August 2018	**20 August 2018**
Name and mailing address of the ISA/CN **State Intellectual Property Office of the P. R. China** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing** **100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/113533

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	1979912	A	13 June 2007	KR	100829743	B1	15 May 2008
				US	8222631	B2	17 July 2012
				CN	1979912	B	26 January 2011
				JP	2007165834	A	28 June 2007
				JP	4550030	B2	22 September 2010
				US	2007131926	A1	14 June 2007
				KR	20070096086	A	02 October 2007
CN	103325840	A	25 September 2013	CN	103325840	B	18 May 2016
				US	2016043227	A1	11 February 2016
				WO	2014169621	A1	23 October 2014
CN	103545221	A	29 January 2014	WO	2015070715	A1	21 May 2015
CN	105655389	A	08 June 2016	US	2018061990	A1	01 March 2018
				WO	2017121243	A1	20 July 2017
				KR	20180010173	A	30 January 2018
				CN	105655389	B	11 May 2018
US	2015357480	A1	10 December 2015		None		
US	5796121	A	18 August 1998	JP	H10270711	A	09 October 1998
				JP	3461283	B2	27 October 2003
				TW	351019	B	21 January 1999
				KR	98079508	A	25 November 1998
				KR	286464	B	02 May 2001

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/113533

A. 主题的分类

H01L 21/28(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 薄膜晶体管，衬底，栅极，源极，漏极，金属氧化物，臭氧，等离子体，有源层，钝化层，thin film transistor, substrate, grid, source, drain, metal oxide, ozone, plasma, active layer, passivation layer

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 1979912 A (三星SDI株式会社) 2007年 6月 13日 (2007-06-13) 说明书第3页第5行-第6页第10行，附图2	1-20
A	CN 103325840 A (北京大学深圳研究生院) 2013年 9月 25日 (2013-09-25) 全文	1-20
A	CN 103545221 A (广州新视界光电科技有限公司) 2014年 1月 29日 (2014-01-29) 全文	1-20
A	CN 105655389 A (京东方科技集团股份有限公司 等) 2016年 6月 8日 (2016-06-08) 全文	1-20
A	US 2015357480 A1 (YU GANG等) 2015年 12月 10日 (2015-12-10) 全文	1-20
A	US 5796121 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 1998年 8月 18日 (1998-08-18) 全文	1-20

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2018年 8月 7日	2018年 8月 20日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	武瑛
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(10)-53961484

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/113533

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	1979912	A	2007年 6月 13日	KR	100829743	B1	2008年 5月 15日
				US	8222631	B2	2012年 7月 17日
				CN	1979912	B	2011年 1月 26日
				JP	2007165834	A	2007年 6月 28日
				JP	4550030	B2	2010年 9月 22日
				US	2007131926	A1	2007年 6月 14日
				KR	20070096086	A	2007年 10月 2日
CN	103325840	A	2013年 9月 25日	CN	103325840	B	2016年 5月 18日
				US	2016043227	A1	2016年 2月 11日
				WO	2014169621	A1	2014年 10月 23日
CN	103545221	A	2014年 1月 29日	WO	2015070715	A1	2015年 5月 21日
CN	105655389	A	2016年 6月 8日	US	2018061990	A1	2018年 3月 1日
				WO	2017121243	A1	2017年 7月 20日
				KR	20180010173	A	2018年 1月 30日
				CN	105655389	B	2018年 5月 11日
US	2015357480	A1	2015年 12月 10日		无		
US	5796121	A	1998年 8月 18日	JP	H10270711	A	1998年 10月 9日
				JP	3461283	B2	2003年 10月 27日
				TW	351019	B	1999年 1月 21日
				KR	98079508	A	1998年 11月 25日
				KR	286464	B	2001年 5月 2日