

(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 1 月 10 日 (10.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/006832 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 21/34 (2006.01) **H01L 29/24** (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/098256

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 21 日 (21.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710536785.8 2017 年 7 月 4 日 (04.07.2017) 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)。

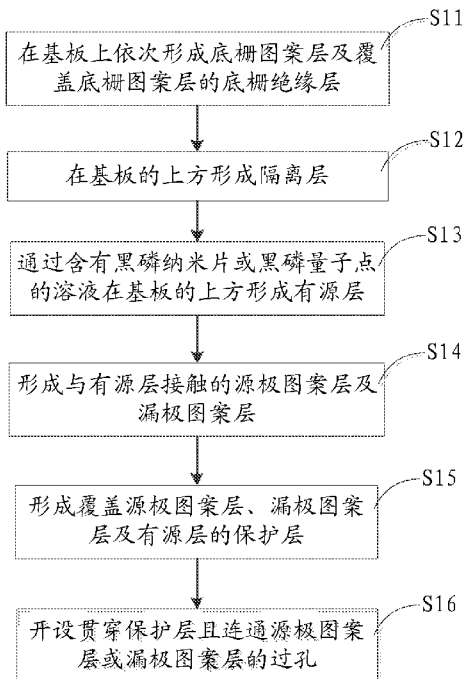
(72) 发明人: 谢华飞 (XIE, Huafei); 中国广东省深圳市光明新区塘明大道 9-2 号, Guangdong 518132 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市威世博知识产权代理事务所 (普通合伙) (CHINA WISPRO INTELLECTUAL PROPERTY LLP.); 中国广东省深圳市南山区高新区粤兴三道 8 号中国地质大学产学研基地中地大楼 A806, Guangdong 518057 (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,

(54) Title: FIELD-EFFECT TRANSISTOR AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种场效应晶体管及其制备方法



- S11 Sequentially form a bottom gate pattern layer and a bottom gate insulating layer covering the bottom gate pattern layer on a substrate
- S12 Form an isolation layer above the substrate
- S13 Form an active layer above the substrate by means of a solution containing black phosphorus nano-sheets or black phosphorus quantum dots
- S14 Form a source pattern layer and a drain pattern layer contacting with the active layer
- S15 Form a protective layer covering the source pattern layer, the drain pattern layer, and the active layer
- S16 Open a via hole that penetrates through the protective layer and is communicated with the source pattern layer or the drain pattern layer

图 1

(57) Abstract: A field-effect transistor and a preparation method therefor. By means of the method, a solution method is used to prepare an active layer (105, 205, 303) in the field-effect transistor by using black phosphorus nano-sheets or black phosphorus quantum dots as the material; the preparation process is simple; the production cost is reduced; the preparation material of the field effect transistor is enriched; the environmental pollution and dependence on metallic elements are reduced; in addition, carbon materials, such as graphene and carbon nano-material, are used to prepare source pattern layer (106, 206, 304), drain pattern layer (107, 207, 305), and top gate

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,
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))。

pattern layer (210, 307), so that effective ohmic contact with a black phosphorus active layer (105, 205, 303) can be formed; and the contact resistance can be reduced.

(57) 摘要: 一种场效应晶体管及其制备方法, 通过这种方法, 使用溶液法以黑磷纳米片或黑磷量子点为材料制备场效应晶体管中的有源层 (105、205、303), 制程简单降低生产成本, 丰富了场效应晶体管的制备材料, 减少了环境的污染及对金属元素的依赖性, 同时采用石墨烯或碳纳米等碳材料制备源极图案层 (106、206、304)、漏极图案层 (107、207、305) 与顶栅图案层 (210、307), 可与黑磷有源层 (105、205、303) 形成有效的欧姆接触, 降低接触电阻。

一种场效应晶体管及其制备方法

[1] **【技术领域】**

[2] 本发明涉及显示技术领域，特别是涉及一种场效应晶体管及其制备方法。

[3] **【背景技术】**

[4] 场效应晶体管是利用半导体的表面效应，以栅极电压控制半导体有源层表面的空穴与电子耗尽或积累，决定沟道的导通状况，实现开关功能。场效应晶体管因原理简单，工艺成熟，可靠性高，现已普遍应用于电子器件和集成电路的制造。场效应晶体管的性能受到工艺、制程、材料和器件结构等多个因素的影响，其中沟道材料和器件结构从根本上决定着场效应晶体管的迁移率和工作效率。

[5] 二维纳米材料如石墨烯、过渡金属硫化物等，以其优异的物理和结构特性已经在电子、传感和光电器件等多领域表现出非凡的应用潜力。其中，石墨烯作为最具代表性的二维材料已经被广泛研究，它具有超高的载流子迁移率，但缺乏带隙却严重阻碍了石墨烯在半导体器件如场效应晶体管中的应用，而过渡金属硫化物中的二硫化钼具有明显的带隙，且在晶体管中表现出优异的开关比特性。然而，二硫化钼的结构缺陷可能会导致电子迁移率的降低，从而影响它的电学性能。因此，在石墨烯中引入带隙的方法被使用。

[6] 黑磷由于其优异的性能得到了科学界广泛关注，它有着类似但不同于石墨烯片层结构的波形层状结构，并且具备石墨烯所没有的半导体间隙。更重要的是它的半导体带隙是直接带隙，即电子导电能带底部和非导电能带顶部在同一位置。因而被科学界认为是二维材料中的“超级材料”。同时由于量子限域效应，黑磷量子点具有比黑磷块体材料更优异的光电性能，可在广泛应用于光伏、晶体管领域得到广泛的应用。

[7] **【发明内容】**

[8] 本发明主要是提供一种场效应晶体管及其制备方法，旨在解决如何使用黑磷纳米片或黑磷量子点制备场效应晶体管的问题。

- [9] 为解决上述技术问题，本发明采用的一个技术方案是：提供一种场效应晶体管的制备方法，其中，所述方法包括通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层；形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层；其中，所述通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层包括：使用旋涂法在所述基板的上方将所述含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液旋涂形成黑磷膜层；低温真空蒸发所述黑磷膜层以形成黑磷有源层；所述形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层包括：在基体上形成导电材料层并通过转印工艺将所述导电材料层转移至所述有源层上；通过等离子体光刻法对所述导电材料层图案化处理以形成所述源极图案层和所述漏极图案层。
- [10] 为解决上述技术问题，本发明采用的另一个技术方案是：提供一种场效应晶体管的制备方法，其中，该方法包括通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层；形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层。
- [11] 为解决上述技术问题，本发明采用的又一个技术方案是：提供一种场效应晶体管，其中，该场效应晶体管包括在基板的上方形成的有源层，所述有源层包括黑磷纳米片或黑磷量子点；与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层。
- [12] 本发明的有益效果是：区别于现有技术的情况，本发明通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层；形成与有源层接触的源极图案层和漏极图案层的方法，使用黑磷纳米片或黑磷量子点为材料制备场效应晶体管中的有源层，丰富了场效应晶体管的制备材料，减少了现有技术中使用金属点膜层制备有源层时对环境污染，同时降低了对金属元素的依赖性。
- [13] **【附图说明】**
- [14] 图1是本发明提供的场效应晶体管的制备方法第一实施例的流程示意图；
- [15] 图2是本发明提供的场效应晶体管第一实施例的结构示意图；
- [16] 图3是图1中步骤S13的具体流程示意图；
- [17] 图4是图1中步骤S14的具体流程示意图；
- [18] 图5是本发明提供的场效应晶体管的制备方法第二实施例的流程示意图；
- [19] 图6是本发明提供的场效应晶体管第二实施例的结构示意图；
- [20] 图7是本发明提供的场效应晶体管的制备方法第三实施例的流程示意图；

[21] 图8是本发明提供的场效应晶体管第三实施例的结构示意图。

[22] **【具体实施方式】**

[23] 为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图和具体实施方式对本发明所提供的一种场效应晶体管及其制备方法做进一步详细描述。

[24] 参阅图1和图2，本发明提供的场效应晶体管的制备方法第一实施例包括：

[25] S11：在基板101上依次形成底栅图案层102及覆盖底栅图案层102的底栅绝缘层103；

[26] 可选的，可将基板101清洗干净之后，通过纳米压印工艺在基板101上形成如图2所示的底栅图案层102所处位置的凹槽，然后再沉积导电材料以形成底栅图案层102，也可以在形成基板101时将导电材料与基板101共同形成，以形成掺杂有导电材料的基板101，还可以通过物理气相沉积法在基板101上沉积导电材料膜，然后通过光阻涂布、曝光、显影及剥离的光刻工艺形成底栅图案层102；进一步地可通过物理气相沉积法或等离子体气相沉积法在基板101上沉积一定厚度的绝缘材料层，以形成底栅绝缘层103。

[27] 可选的，基板101是包括但不限于的石英基板、玻璃基板或硅片基板；导电材料是包括但不限于石墨烯、金属型碳纳米的导电碳材料，绝缘材料是包括但不限于的氧化硅、氧化铝、氮化硅或离子凝胶的绝缘材料。

[28] S12：在基板101的上方形成隔离层104；

[29] 可选的，隔离层104为有机隔离层。

[30] 具体地，将完成上述步骤S11后的基板101用丙酮、甲醇和异丙醇的溶液浸泡冲洗，并在一定温度烘干之后放入具有六甲基二硅胺蒸汽的环境中三分钟，以在底栅绝缘层103上形成有机隔离层，有机隔离层具有很好的防水隔氧效果。

[31] 可选的，隔离层104的材料为但不限于六甲基二硅胺或聚甲基丙烯酸甲酯的材料。

[32] S13：通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板101的上方形成有源层105；

[33] 其中，含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液可通过包括但不限于液态剥离方法、微机械剥离法、电化学方法和激光消融方法制备而成，比如：在无氧条件下

，将块状黑磷浸入有机溶剂中形成溶液，通入惰性气体并在2000 rpm转速下搅拌25h，然后在水氧含量低于5ppm的手套箱中将溶液进行转速为8000 rpm的低速离心10 min，最后收集离心转动后的上清液，即可得到纳米黑磷片溶液；还可以在无氧条件下将100 μ m大小的黑磷块状颗粒分散在有机溶剂中形成溶液，然后将该溶液先在功率为1000W~1400W下进行探针式超声2~4h，然后在功率为200W~400W下进行水浴超声8~12h，最后在水氧含量低于5ppm的手套箱中进行转速为8000 rpm的离心20min，并收集上清液，即可得到黑磷量子点溶液。

[34] 可选的，有机溶剂为N-甲基吡咯烷酮或无水乙醇。

[35] 参阅图3，该步骤S13可具体包括：

[36] S131：使用旋涂法在基板101的上方将含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液旋涂形成黑磷膜层；

[37] 具体地，可在含有高纯惰性气体的手套箱中，将上述的含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液滴加至隔离层104上，并使用旋涂法在一定时间内形成一定厚度的黑磷膜层。

[38] 可选的，惰性气体为氮气，旋涂法的转数为3000rpm，旋涂时间为30s。

[39] S132：低温真空蒸发黑磷膜层以形成黑磷有源层。

[40] 可选的，在80 $^{\circ}$ C的真空环境中对黑磷膜层进行烘烤一定时间，并在烘烤结束之后，对黑磷膜层进行图案化处理，即可得到黑磷有源层，在其他实施例中，该步骤S132中对黑磷膜层进行图案化处理也可以在步骤S14中源极图案层106及漏极图案层107的图案化处理之后进行。

[41] S14：形成与有源层105接触的源极图案层106及漏极图案层107；

[42] 参阅图4，该步骤S14可具体包括：

[43] S141：在基体上形成导电材料层并通过转印工艺将该导电材料层转移至有源层105上；

[44] 可选的，通过化学气相沉积法在铜箔上沉积导电材料层，然后通过转印技术将该导电材料层转移至步骤S13中的有源层105上。

[45] S142：通过等离子体光刻法对导电材料层图案化处理以形成源极图案层106和

漏极图案层107;

[46] 可选的,在其他实施例中,在形成源极图案层106及漏极图案层107之后,还使用反应型离子刻蚀法对步骤S132黑磷膜层进行图案化处理以形成有源层105。

[47] 可选的,导电材料是包括但不限于石墨烯、金属型碳纳米的导电碳材料。

[48] S15: 形成覆盖源极图案层106、漏极图案层107及有源层105的保护层108;

[49] 可选的,通过化学气相沉积法在隔离层104上形成覆盖源极图案层106、漏极图案层107及有源层105的氧化硅层以作为保护层108。

[50] S16: 开设贯穿保护层108且连通源极图案层106或漏极图案层107的过孔1081。

[51] 具体地,通过光阻涂布、曝光、显影及剥离的光刻工艺在保护层108中蚀刻出与源极图案层106或漏极图案层107连通的过孔1081,本实施例图示中以过孔与漏极图案层107连通为例。

[52] 共同参阅图5及图6,本发明提供的场效应晶体管的制备方法第二实施例中步骤S21、S22、S23及S24与上述第一实施例中的步骤S11、S12、S13及S14相同,在此不再赘述,本实施例还包括:

[53] S25: 形成覆盖源极图案层206、漏极图案层207及有源层205的顶栅绝缘层209;

[54] 具体地,可通过物理气相沉积法或等离子体气相沉积法在隔离层204上沉积一定厚度的绝缘材料层以形成顶栅绝缘层209。

[55] 可选的,绝缘材料是包括但不限于的氧化硅、氧化铝、氮化硅或离子凝胶的绝缘材料。

[56] S26: 在顶栅绝缘层209上形成顶栅图案层210;

[57] 可选的,可通过旋涂法或提拉法在顶栅绝缘层209上沉积导电材料膜,并在真空低温蒸发之后使用等离子蚀刻法以形成图案化的导电材料膜,进而形成顶栅图案层210;在其他实施例中,也可以使用物理气相沉积法或化学气相沉积法在顶栅绝缘层209上沉积导电材料膜,然后通过曝光、显影、刻蚀和剥离的光刻工艺形成顶栅图案层210。

[58] 可选的,导电材料是包括但不限于石墨烯、金属型碳纳米的导电碳材料。

[59] S27: 形成覆盖顶栅图案层210及顶栅绝缘层209的保护层208。

- [60] 可选的，通过化学气相沉积法在顶栅绝缘层209上沉积氧化硅，以形成覆盖顶栅图案层210及顶栅绝缘层209的保护层208。
- [61] S28：开设贯穿保护层208及顶栅绝缘层209且连通源极图案层206或漏极图案层207的过孔2081。
- [62] 具体地，通过光阻涂布、曝光、显影及剥离的光刻工艺在保护层208及顶栅绝缘层209中蚀刻出与源极图案层206或漏极图案层207连通的过孔2081。
- [63] 共同参阅图7及图8，本发明提供的场效应晶体管的制备方法第三实施例包括：
- [64] S31：在基板301的上方形成隔离层302；
- [65] 可选的，隔离层302为有机隔离层。
- [66] 具体地，将基板301用丙酮、甲醇和异丙醇的溶液浸泡冲洗，并在一定温度烘干之后放入具有六甲基二硅胺蒸汽的环境中三分钟，以在基板301上形成有机隔离层，有机隔离层具有很好的防水隔氧效果。
- [67] 可选的，隔离层302的材料为但不限于六甲基二硅胺或聚甲基丙烯酸甲酯的材料。
- [68] S32：通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板301的上方形成有源层303；
- [69] 该步骤S32与上述第一实施例中的步骤S13相同，在此不再赘述。
- [70] S33：形成与有源层303接触的源极图案层304及漏极图案层305。
- [71] 该步骤S33与上述第一实施例中的步骤S14相同，在此不再赘述。
- [72] S34：形成覆盖源极图案层304、漏极图案层305及有源层303的顶栅绝缘层306；
- [73] 具体地，可通过物理气相沉积法或等离子体气相沉积法在隔离层302上沉积一定厚度的绝缘材料层以形成顶栅绝缘层306；
- [74] 可选的，绝缘材料是包括但不限于的氧化硅、氧化铝、氮化硅或离子凝胶的绝缘材料。
- [75] S35：在顶栅绝缘层306上形成顶栅图案层307；
- [76] 可选的，可通过旋涂法或提拉法在顶栅绝缘层306上沉积导电材料膜，并在真空低温蒸发之后使用等离子蚀刻法以形成图案化的导电材料膜，进而形成顶栅

图案层307；在其他实施例中，也可以使用物理气相沉积法或化学气相沉积法在顶栅绝缘层306上沉积导电材料膜，然后通过曝光、显影、刻蚀和剥离的光刻工艺形成顶栅图案层307。

[77] 可选的，导电材料是包括但不限于石墨烯、金属型碳纳米管的导电碳材料。

[78] S36：形成覆盖顶栅绝缘层306及顶栅图案层307的保护层308。

[79] 可选的，通过化学气相沉积法在顶栅绝缘层306上沉积氧化硅，以形成覆盖顶栅图案层307的保护层308。

[80] S37：开设贯穿保护层308及顶栅绝缘层306且连通源极图案层304或漏极图案层305的过孔3081。

[81] 具体地，通过光阻涂布、曝光、显影及剥离的光刻工艺在保护层308及顶栅绝缘层306中蚀刻出与源极图案层304或漏极图案层305连通的过孔3081。

[82] 参阅图2，本发明提供的场效应晶体管第一实施例包括依次形成于基板上101的底栅图案层102及底栅绝缘层103、形成于基板101上方的隔离层104、形成于基板101上方的有源层105、与有源层105接触的源极图案层106及漏极图案层107、覆盖源极图案层106、漏极图案层107及有源层105的保护层108。

[83] 其中，隔离层104形成于底栅绝缘层103上，有源层105形成于隔离层104上且包括黑磷纳米片或黑磷量子点。

[84] 本实施例中各层结构采用上述场效应晶体管的制备方法第一实施例中相对应的步骤制备而成，在此不再赘述。

[85] 参阅图6，本发明提供的场效应晶体管第二实施例进一步包括顶栅绝缘层209及顶栅图案层210，本实施例中其他结构与上述场效应晶体管第一实施例相同，在此不再赘述。

[86] 其中，顶栅绝缘层209覆盖源极图案层206、漏极图案层207及有源层205，顶栅图案层210形成于底栅绝缘层209上。

[87] 本实施例中各层结构采用上述场效应晶体管的制备方法第二实施例中相对应的步骤制备而成，在此不再赘述。

[88] 参阅图8，本发明提供的场效应晶体管第三实施例包括：在基板301上方的隔离层302及有源层303、与有源层303接触的源极图案层304及漏极图案层305、覆盖

源极图案层304、漏极图案层305及有源层303的顶栅绝缘层306、形成于顶栅绝缘层306上的顶栅图案层307、覆盖顶栅绝缘层306及顶栅图案层的保护层308。

[89] 本实施例中各层结构采用上述场效应晶体管的制备方法第三实施例中相对应的步骤制备而成，在此不再赘述。

[90] 区别于现有技术，本发明通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形形成有源层；形成与有源层接触的源极图案层和漏极图案层的方法，提供多种场效应晶体管结构且使用溶液法以黑磷纳米片或黑磷量子点为材料制备场效应晶体管中的有源层，制程简单降低生产成本，丰富了场效应晶体管的制备材料，减少了环境的污染及对金属元素的依赖性，同时采用石墨烯或碳纳米等碳材料制备源、漏极与顶栅图案层，可与黑磷有源层形成有效的欧姆接触，降低接触电阻。

[91] 以上所述仅为本发明的实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种场效应晶体管的制备方法，其中，所述方法包括：
通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层；
形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层；
其中，所述通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层包括：
使用旋涂法在所述基板的上方将所述含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液旋涂形成黑磷膜层；
低温真空蒸发所述黑磷膜层以形成黑磷有源层；
所述形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层包括：
在基体上形成导电材料层并通过转印工艺将所述导电材料层转移至所述有源层上；
通过等离子体光刻法对所述导电材料层图案化处理以形成所述源极图案层和所述漏极图案层。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的方法，其中，所述导电材料为石墨烯或碳纳米的导电碳材料。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的方法，其中，所述方法还包括：
在所述基板上依次形成底栅图案层及覆盖所述底栅图案层的底栅绝缘层。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的方法，其中，所述方法还包括：
形成覆盖所述源极图案层、所述漏极图案层及所述有源层的顶栅绝缘层；
在所述顶栅绝缘层上形成顶栅图案层。
- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的方法，其中，所述方法还包括：
在所述基板的上方形成隔离层，其中，所述有源层形成于所述隔离层上。
- [权利要求 6] 一种场效应晶体管的制备方法，其中，所述方法包括：

通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层；

形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层。

[权利要求 7] 根据权利要求6所述的方法，其中，所述通过含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液在基板的上方形成有源层包括：

使用旋涂法在所述基板的上方将所述含有黑磷纳米片或黑磷量子点的溶液旋涂形成黑磷膜层；

低温真空蒸发所述黑磷膜层以形成黑磷有源层。

[权利要求 8] 根据权利要求6所述的方法，其中，所述形成与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层包括：

在基体上形成导电材料层并通过转印工艺将所述导电材料层转移至所述有源层上；

通过等离子体光刻法对所述导电材料层图案化处理以形成所述源极图案层和所述漏极图案层。

[权利要求 9] 根据权利要求8所述的方法，其中，所述导电材料为石墨烯或碳纳米的导电碳材料。

[权利要求 10] 根据权利要求6所述的方法，其中，所述方法还包括：

在所述基板上依次形成底栅图案层及覆盖所述底栅图案层的底栅绝缘层。

[权利要求 11] 根据权利要求10所述的方法，其中，所述方法还包括：

形成覆盖所述源极图案层、所述漏极图案层及所述有源层的顶栅绝缘层；

在所述顶栅绝缘层上形成顶栅图案层。

[权利要求 12] 根据权利要求6所述的方法，其中，所述方法还包括：

在所述基板的上方形成隔离层，其中，所述有源层形成于所述隔离层上。

[权利要求 13] 一种场效应晶体管，其中，所述场效应晶体管包括：

在基板的上方形成的有源层，所述有源层包括黑磷纳米片或黑磷

量子点；

与所述有源层接触的源极图案层和漏极图案层。

[权利要求 14]

根据权利要求13所述的场效应晶体管，其中，所述场效应晶体管还包括底栅图案层及底栅绝缘层，所述底栅图案层形成于所述基板上，所述底栅绝缘层覆盖所述底栅图案层。

[权利要求 15]

根据权利要求14所述的场效应晶体管，其中，所述场效应晶体管还包括顶栅图案层及顶栅绝缘层，所述顶栅绝缘层覆盖所述源极图案层、所述漏极图案层及所述有源层，所述顶栅图案层形成于所述顶栅绝缘层上。

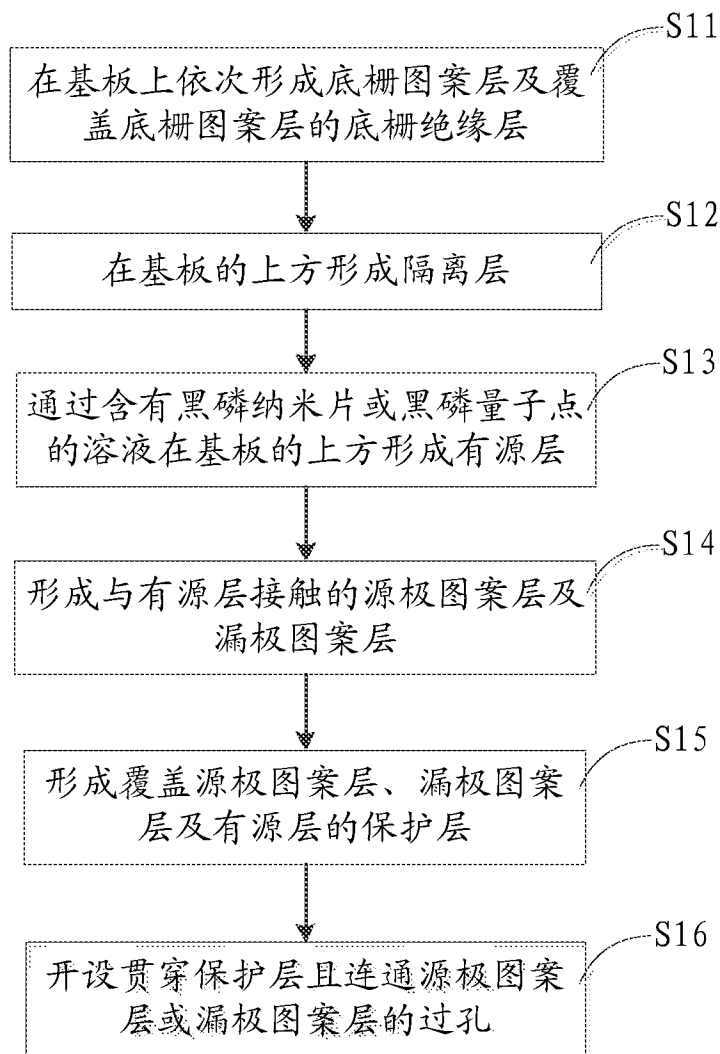


图 1

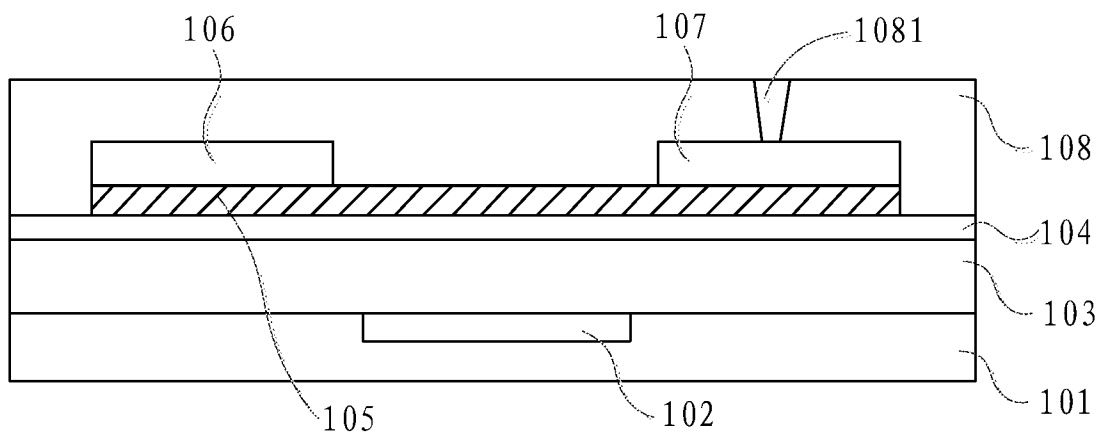


图 2

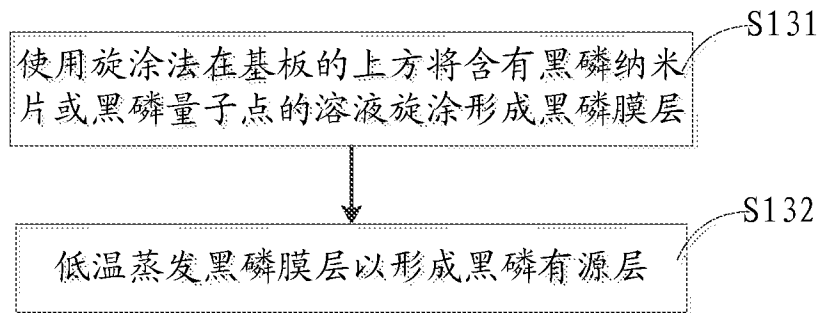


图 3

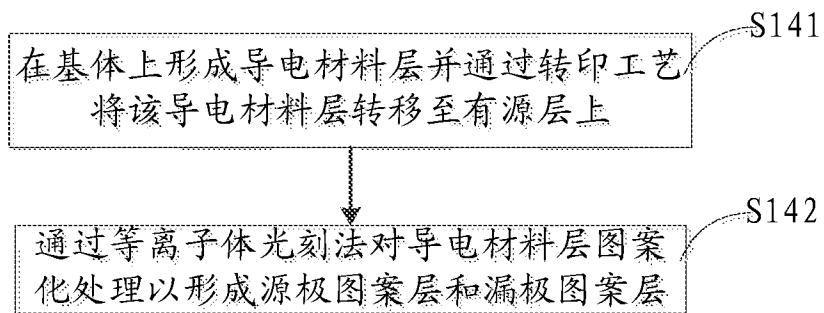


图 4

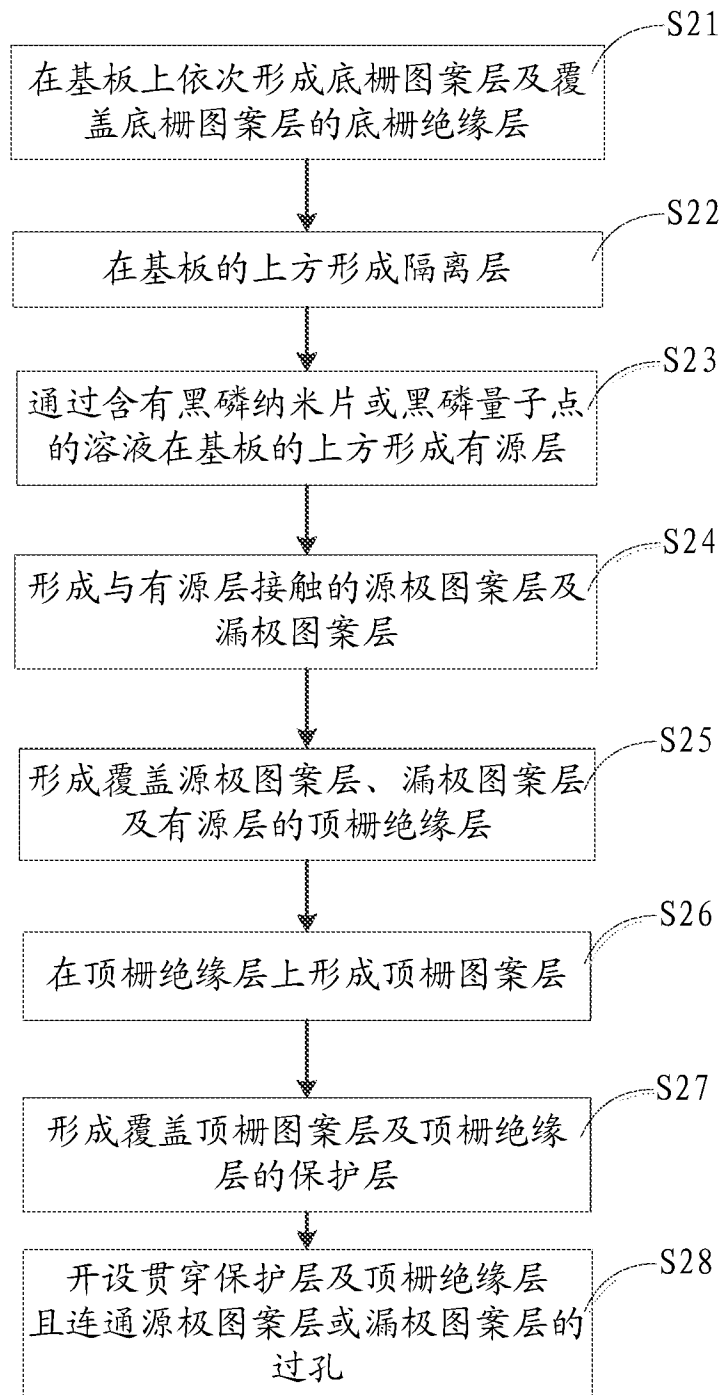


图 5

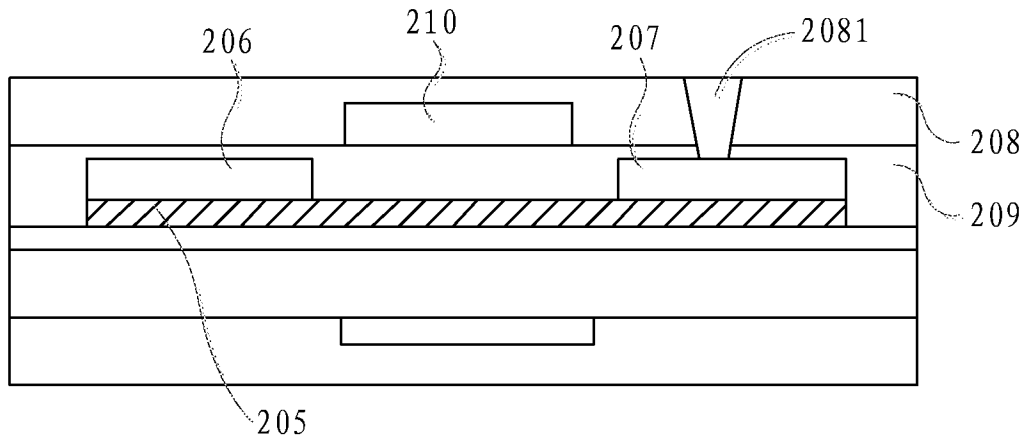


图 6

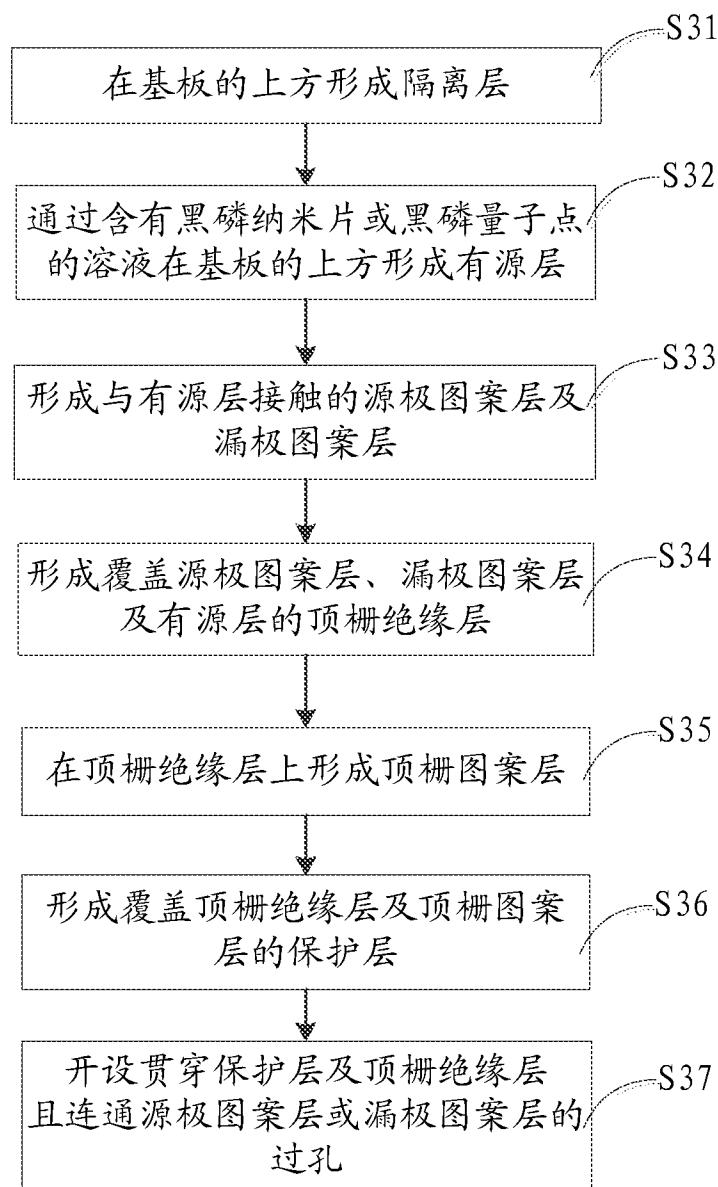


图 7

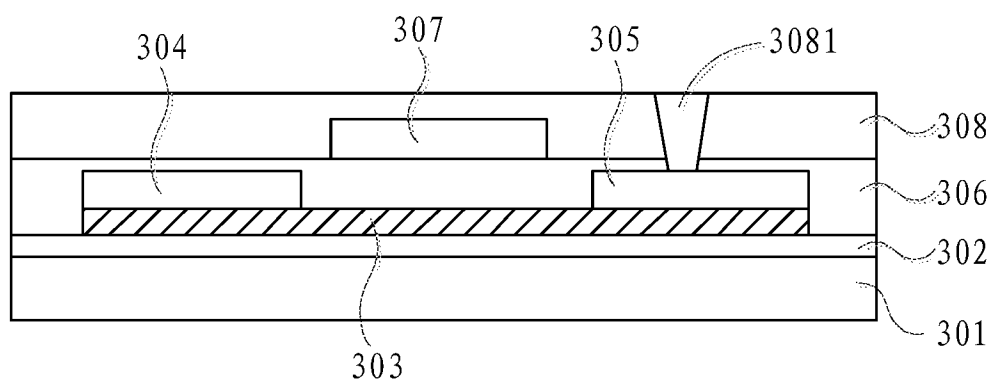


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/098256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/34 (2006.01) i; H01L 29/786 (2006.01) i; H01L 29/24 (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)

WPI; CNKI; CNPAT; IEEE: 场效应, 晶体管, 黑磷, 纳米, 片, 量子点, 溶液, 旋涂, 转印, 转移, 源, 漏, field, effect, transistor?, +FET?, black, phosphorus, phosphorane, nanosheet?, flake?, quantum, dot?, solution, spin+, coat+, transfer+, drain, source

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KIM, J.S. et al., "Dual Gate Black Phosphorus Field Effect Transistors on Glass for NOR Logic and Organic Light Emitting Diode Switching.", Nano Letters, 14 August 2015 (14.08.2015), vol. 5, page 5778, right-hand column, last paragraph 1 to page 5779, right-hand column, paragraph 1, and figure 1 (e)	13-15
Y	KIM, J.S. et al., "Dual Gate Black Phosphorus Field Effect Transistors on Glass for NOR Logic and Organic Light Emitting Diode Switching.", NANO LETTERS, 14 August 2015 (14.08.2015), vol. 5, page 5778, right-hand column, last paragraph to page 5779, right-hand column, paragraph 1, and figure 1 (e)	1-12
Y	BRENT, J.R. et al., "Production of Few-Layer Phosphorene by Liquid Exfoliation of Black Phosphorus", Chem. Commun., 08 September 2014 (08.09.2014), vol. 50, page 13339, left-hand column, paragraph 2 to right-hand column, paragraph 3	1-12
Y	CN 103787325 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY), 14 May 2014 description, paragraphs [0005], [0006] and [0011]	1-12
A	KR 20160145903 A (UNIV. KONKUK IND.COOP. CORP.), 21 December 2016 (21.12.2016), entire document	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 March 2018	Date of mailing of the international search report 27 March 2018
Name and mailing address of the ISA 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 LAI, Fengping Telephone No. (86-10) 010-53961228

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/098256

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105428416 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA), 23 March 2016 (23.03.2016), entire document	1-15

International application No.
PCT/CN2017/098256

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/098256

A. 主题的分类

H01L 21/34(2006.01)i; H01L 29/786(2006.01)i; H01L 29/24(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))

WPI;CNKI;CNPAT;IEEE: 场效应, 晶体管, 黑磷, 纳米, 片, 量子点, 溶液, 旋涂, 转印, 转移, 源, 漏, field, effect, transistor?, +FET?, black, phosphorus, phosphorane, nanosheet?, flake?, quantum, dot?, solution, spin+, coat+, transfer+, drain, source

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
X	KIM, J. S.等. "Dual Gate Black Phosphorus Field Effect Transistors on Glass for NOR Logic and Organic Light Emitting Diode Switching." NANO LETTERS, 第15卷, 2015年 8月 14日 (2015 - 08 - 14), 第5778页右栏倒数第1段-第5779页右栏第1段、图1(e)	13-15
Y	KIM, J. S.等. "Dual Gate Black Phosphorus Field Effect Transistors on Glass for NOR Logic and Organic Light Emitting Diode Switching." NANO LETTERS, 第15卷, 2015年 8月 14日 (2015 - 08 - 14), 第5778页右栏倒数第1段-第5779页右栏第1段、图1(e)	1-12
Y	BRENT, J. R.等. "Production of few-layer phosphorene by liquid exfoliation of black phosphorus." Chem. Commun., 第50卷, 2014年 9月 8日 (2014 - 09 - 08), 第13339页左栏第2段-右栏第3段	1-12
Y	CN 103787325 A (中山大学) 2014年 5月 14日 (2014 - 05 - 14) 说明书第[0005], [0006], [0011]段	1-12
A	KR 20160145903 A (UNIV. KONKUK IND. COOP. CORP.) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 全文	1-15

☒ 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

2018年 3月 7日

国际检索报告邮寄日期

2018年 3月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

赖风平

电话号码 (86-10)010-53961228

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 105428416 A (电子科技大学) 2016年 3月 23日 (2016 - 03 - 23) 全文	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/098256

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	103787325	A	2014年 5月 14日	CN	103787325	B	2016年 8月 24日
KR	20160145903	A	2016年 12月 21日	KR	101715633	B1	2017年 3月 14日
CN	105428416	A	2016年 3月 23日	无			