

(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
2015 年 3 月 12 日 (12.03.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/032296 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01L 29/739 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/085671
- (22) 国际申请日: 2014 年 9 月 1 日 (01.09.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310403969.9 2013 年 9 月 6 日 (06.09.2013) CN
- (71) 申请人: 北京大学深圳研究生院 (PEKING UNIVERSITY SHENZHEN GRADUATE SCHOOL) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城北大湾区, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 楼海君 (LOU, Haijun); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城北大湾区, Guangdong 518055 (CN)。 林信南 (LIN, Xinnan); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城北大湾区, Guangdong 518055 (CN)。 李丹 (LI, Dan); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城北大湾区, Guangdong 518055 (CN)。 何进 (HE, Jin); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城北大湾区, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 (DHC IP ATTORNEYS); 中国广东省深圳市福田区金田路与福华路交汇处现代商务大厦 2201, Guangdong 518048 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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)。

[见续页]

(54) Title: TUNNELLING FIELD EFFECT TRANSISTOR

(54) 发明名称: 隧穿场效应晶体管

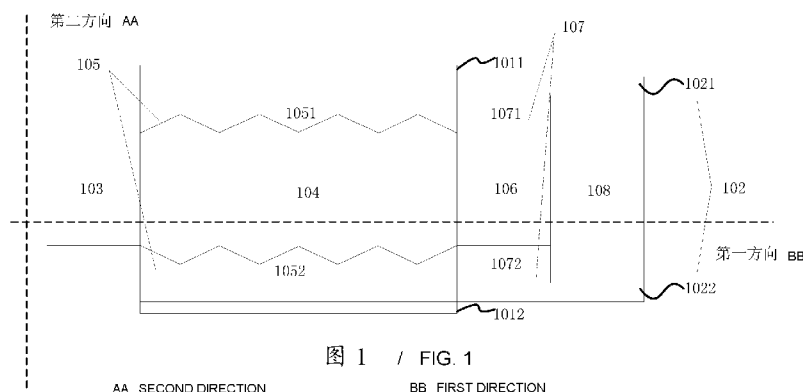


图 1 / FIG. 1

AA SECOND DIRECTION

BB FIRST DIRECTION

(57) Abstract: A tunnelling field effect transistor, comprising a gate electrode layer, a gate dielectric layer, a source region, a connected region and a drain region, wherein the source region comprises a first source region and a second source region, the second source region comprising an inner layer source region and an outer layer source region. The connected region comprises an expansion region and a high-resistance region. The doping types of materials of the inner layer source region and the outer layer source region are opposite, and the forbidden bandwidth of the material of the inner layer source region is less than that of the outer layer source region. The contact surface formed by way of covering the inner layer source region by the outer layer source region is a curved surface. Since a contact surface of an outer layer source region and an inner layer source region of a tunnelling field effect transistor is of a curved surface structure, the contact area of the outer layer source region and the inner layer source region is increased, and the probability of tunnelling of a carrier through the contact surface is increased. Therefore, the ON-state current is increased, thereby having a good current drive capability.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/032296 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种隧穿场效应晶体管,包括栅电极层、栅介质层、源区、连通区和漏区,其中源区包括第一源区和第二源区,第二源区包括内层源区 and 外层源区,连通区包括扩展区和高阻区,内层源区和外层源区的材料掺杂类型相反,内层源区材料的禁带宽度小于外层源区材料的禁带宽度;外层源区覆盖内层源区所形成的接触面为曲面。由于通过将隧穿场效应晶体管的外层源区与内层源区的接触面形成曲面结构,增大了外层源区与内层源区的接触面积,增加了载流子通过接触面隧穿的几率,因此增大了开态电流,具有良好的电流驱动能力。

隧穿场效应晶体管

技术领域

- [1] 本发明涉及半导体器件领域，具体涉及一种隧穿场效应晶体管。

背景技术

- [2] 随着集成电路的发展，功耗问题逐渐成为一个重要的性能指标。场效应晶体管是集成电路的基本组成单元，发展性能优良且低功耗的场效应晶体管成为追逐的目标。在场效应晶体管的制作中引入双栅和三栅等结构，以及高k和应力硅等工艺以后，场效应晶体的性能得到了明显的提升。但是，现有场效应晶体管受漂移扩散机制限制，亚阈值斜率不能低于 $\ln 10 \cdot kT/q$ ，使得同样特性下电源电压随沟道长度的缩小遇到了很大的困难，基于PN结隧穿机制的隧穿场效应晶体管以其低功耗、低亚阈值斜率等优点引起了广泛的关注，成为突破这项限制的主要解决方案。

- [3] 传统的隧穿场效应晶体管在源端、漏端分别形成P区(空穴掺杂)和N区(电子掺杂)，中间沟道使用本征材料。在驱动电压下空穴可以从P区隧穿到N区，形成隧穿电流。由于其利用隧穿效应产生电流，导致其开态电流比传统热发射机制场效应晶体管要小。

发明内容

- [4] 本申请提供一种隧穿场效应晶体管，包括栅电极层、栅介质层、源区、连通区和漏区，其中：
- [5] 源区包括第一源区和第二源区，第一源区和第二源区在第一方向上接触；第二源区包括内层源区和外层源区，外层源区在与第一方向垂直的第二方向上覆盖内层源区；
- [6] 连通区包括扩展区和高阻区，扩展区在第二方向上覆盖高阻区；
- [7] 源区在第一方向上与连通区接触，连通区在第一方向上与漏区接触，且第二源区与连通区在第一方向上接触；栅电极层通过栅介质层在第二方向上覆盖外层源区，栅介质层在第二方向上覆盖外层源区、扩展区和漏区；

- [8] 内层源区和外层源区的材料掺杂类型不同，内层源区材料的禁带宽度小于外层源区材料的禁带宽度；
- [9] 外层源区、扩展区和漏区材料的掺杂类型相同；
- [10] 外层源区覆盖内层源区所形成的接触面为曲面。
- [11] 依据本发明提供的隧穿场效应晶体管，由于通过将隧穿场效应晶体管的外层源区与内层源区的接触面形成曲面结构，增大了外层源区与内层源区的接触面积，增加了载流子通过接触面隧穿的几率，因此增大了开态电流，具有良好的电流驱动能力。

附图说明

- [12] 图1是平行结构双栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图；
- [13] 图2是平行结构双栅隧穿场效应晶体管的立体图；
- [14] 图3是实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的转移输出特性图；
- [15] 图4是实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的电流输出特性；
- [16] 图5是实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的开态电流和电流开关比；
- [17] 图6是栅过覆盖程度对实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压的影响；
- [18] 图7是源漏电压对实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压的影响；
- [19] 图8是本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的亚阈值特性受栅长的影响；
- [20] 图9是垂直结构双栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图；
- [21] 图10是垂直结构双栅隧穿场效应晶体管立体图；
- [22] 图11是三栅隧穿场效应晶体管立体图；
- [23] 图12是三栅隧穿场效应晶体管沿第二方向的第二源区剖面图；
- [24] 图13是三栅隧穿场效应晶体管沿第二方向的连通区剖面图；
- [25] 图14是三栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图；
- [26] 图15是环形隧穿场效应管立体图；
- [27] 图16是环形隧穿场效应管沿第一方向的剖面图。

具体实施方式

- [28] 下面通过具体实施方式结合附图对本发明作进一步详细说明。
- [29] 本申请中用到的术语定义：
- [30] 等效厚度：在采用高介电常数值材料替代常用的二氧化硅作为栅介质时，一定厚度的高介电值材料和纯二氧化硅材料达到相同的栅电容时纯二氧化硅的厚度，称之为等效厚度。
- [31] 在本申请中所用到的方向包括：第一方向、第二方向和第三方向，其关系为，第一方向为沿晶体管的沟道方向；第二方向与第一方向垂直；第三方向与第一方向和第二方向所形成的平面垂直。
- [32] 在本申请实施例中，提供一种隧穿场效应晶体管，包括栅电极层、栅介质层、源区、连通区和漏区；
- [33] 源区包括第一源区和第二源区，第一源区和第二源区在第一方向上接触，第二源区包括内层源区和外层源区，外层源区在与第一方向垂直的第二方向上覆盖内层源区，外层源区覆盖内层源区所形成的接触面为曲面；
- [34] 连通区包括扩展区和高阻区，扩展区在第二方向上覆盖高阻区；
- [35] 源区与连通区在第一方向上接触，连通区与漏区在第一方向上接触。
- [36] 栅电极层通过栅介质层在第二方向上覆盖外层源区，栅介质层在第二方向上覆盖外层源区、扩展区和漏区；
- [37] 内层源区和外层源区的材料掺杂类型不同，内层源区材料的禁带宽度小于外层源区材料的禁带宽度；外层源区、扩展区和漏区材料的掺杂类型相同。
- [38] 外层源区覆盖内层源区所形成的接触面为曲面。
- [39] 优选地，外层源区覆盖内层源区所形成的接触面在垂直于该接触面方向上的剖面为波纹形、楔形、或锯齿形结构。该波纹形结构的波峰形状可调，可以为尖端形状，圆弧形状等；波纹形的结构可调，可以为标准的波形，可以为只有波峰没有波谷的波形，也可以为只有波谷没有波峰的波形等；波峰或波谷之间的距离可调，可以连续，也可以间断。楔形和锯齿形结构与波纹形结构基本类似，此处不再赘述。
- [40] 栅电极层和栅介质层的数量为一层、两层或三层，且所述栅电极层和栅介质层

的数量一致，每层栅电极层覆盖一层栅介质层。

[41] 第一源区、第二源区，连通区和漏区为长方体或圆柱体。

[42] 根据栅电极层和栅介质层的不同数量，以及第一源区、第二源区，连通区和漏区的不同形状，可以形成多种结构的隧穿场效应晶体管，下面结合具体实施例对其进行说明。

[43] 实施例1：

[44] 当第一源区、第二源区，连通区和漏区为长方体，栅电极层的数量为两层时，所形成的隧穿场效应晶体管如图1~2所示，在本实施例中，将图1~2所示的双栅隧穿场效应晶体管称之为平行结构双栅场效应晶体管。图1为平行结构双栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图，图2为平行结构双栅隧穿场效应晶体管的立体图。平行结构双栅隧穿场效应晶体管包括栅电极层101、栅介质层102、第一源区103、内层源区104、外层源区105、高阻区106、扩展区107和漏区108。

[45] 栅电极层101包括第一栅电极层1011和第二栅电极层1012；

[46] 栅介质层102包括第一栅介质层1021和第二栅介质层1022；

[47] 外层源区105被内层源区104分隔成第一外层源区1051和第二外层源区1052；

[48] 扩展区107被高阻区106分割成第一扩展区1071和第二扩展区1072；

[49] 栅电极层101通过栅介质层102在第二方向上分别平面覆盖第一外层源区1051和第二外层源区1052，其中第一栅电极层1011通过第一栅介质层1021在第二方向上平面覆盖第一外层源区1051，第二栅电极层1012通过第二栅介质层1022在第二方向上平面覆盖第二外层源区1052。

[50] 栅介质层102在第二方向上分别平面覆盖第二源区、扩展区107和漏区108；该第二源区包括：第一外层源区1051、第二外层源区1052和内层源区104；第一栅介质层1021在第二方向上平面覆盖第一外层源区1051、第一扩展区1071和漏区108，第二栅介质层1022在第二方向上平面覆盖第二外层源区1052、第二扩展区1072和漏区108。

[51] 栅电极层101和栅介质层102均采用平面覆盖的方式，该平面覆盖与曲面覆盖相区别，该曲面覆盖的方式包括但不限于环形覆盖。

[52] 在本实施例中，栅电极层101的材料功函数可以在3.8-5.0电子伏范围内调整

，栅介质层102的等效厚度为0.5-2纳米，第一源区103和内层源区104的材料为锗，外层源区105、扩展区107以及漏区108的材料为硅，栅介质层102材料为氧化钪，高阻区106材料为二氧化硅。

[53] 在本实施例中，第一源区103和漏区108长度为10纳米，栅电极层101、外层源区105和内层源区104的长度为50纳米，扩展区107和高阻区106长度为10纳米。第一源区103厚度、内层源区104的边界和高阻区105厚度一致，为10纳米。第一外层源区1051和第二外层源区1052的边界与第一扩展区1071和第二扩展区1072的厚度一致，为4纳米。漏区108厚度为18纳米，栅介质层102等效厚度为1纳米。

[54] 上述对材料、长度和厚度的限定仅为本实施例中平行结构双栅场效应晶体管的一种实施方式，不能认定为该长度和厚度必须为上述限定值；上述第一源区103厚度、栅下内层源区104的边界和高阻区105厚度一致，外层源区105边界和扩展区107厚度一致仅为本实施例中平行结构双栅场效应晶体管的一种实施方式，不能认定为其厚度必须保持一致。

[55] 本实施例中，第一源区103和内层源区104掺杂硼，掺杂浓度为 $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ ，外层源区105、扩展区107和漏区108掺杂磷，掺杂浓度分别为 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 和 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。上述对掺杂材料和掺杂浓度的限定仅为本实施例中平行结构双栅场效应晶体管的一种实施方式，不能认定为其掺杂材料和掺杂浓度必须为上述限定情况。

[56] 图3~图8为基于Sentaurus TCAD软件模拟研究得到的本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的性能指标。在该模拟中，考虑了带间（band-to-band）隧穿机制、掺杂浓度对禁带宽的影响、迁移率受电场和掺杂浓度的影响、载流子的产生和复合效应、以及量子效应。图3~图8的结果基于本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管现有的隧穿场效应晶体管进行比较，该现有的隧穿场效应晶体管与本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的区别在于内层源区与外层源区接触面的结构不同，现有的隧穿场效应晶体管内层源区与外层源区的接触面为平面，而本实施例中接触面为曲面。

[57] 图3为本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的转移输出特性图。图3中，

选取源漏电压分别为0.5伏特和0.05伏特。从图3可以看出，不论源漏电压是0.5伏特还是0.05伏特，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的源漏电流，即开态电流都有所增加，因而提高了电流驱动能力。同时，可以从图3中看出，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管抑制了双极效应的发生。

[58] 图4为本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的电流输出特性，由图4可以看出，在不同的过驱动栅电压 ($V_{gs}-V_{th}$) 下，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的源漏电流更大，驱动能力更强。

[59] 图5为本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的开态电流和电流开关比，图5针对不同的栅长情况下，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管与现有的隧穿场效应晶体管在源漏电压为0.5伏特时开态电流和电流开关比的比较，由图5可以看出，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管具有更好的开态电流，同时拥有更大的电流开关比。

[60] 本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的通过将外层源区与内层源区的接触面形成曲面结构，增大了外层源区与内层源区的接触面积，增加了载流子通过接触面隧穿的几率，因此增大了开态电流，具有良好的电流驱动能力。且通过实验证明，本申请隧穿场效应晶体管具有双极效应抑制效果。

[61] 阈值电压是器件的重要参数，维持稳定的阈值电压是电路有效工作的基础。图6为栅过覆盖程度对本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压的影响，从图6可以看出，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压的受栅过覆盖程度影响较小，栅过覆盖长度从0纳米到7.5纳米，阈值电压变化为0.089伏特，而现有的隧穿场效应晶体管阈值电压变化为0.126伏特。

[62] 图7为源漏电压对本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压的影响，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的阈值电压受源漏变化而引起的波动，以标准方差而言为36.6毫伏特，而现有的隧穿场效应晶体管阈值电压波动为68.8毫伏特。

[63] 由于本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的栅电极层下的部分源区形成了曲面结构，使得电场主要集中在栅电极层以下部分，当栅过覆盖以后电场改变不大，从而抑制阈值电压受栅过覆盖程度的影响，且由于电场主要集中在曲面

结构中的尖端，因此决定了器件的开启和关断，受源漏电压影响小，即其阈值电压受源漏电压影响小。本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管受栅过覆盖程度及源漏电压影响较小。

[64] 图8为本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管的亚阈值特性受栅长的影响，由图8可以看出，无论是特定栅长下的亚阈值斜率还是平均的亚阈值斜率，本实施例中平行结构双栅隧穿场效应晶体管与现有隧穿场效应晶体管相比都有明显的减小，造成这种改进的原因在于，由于内层源区 and 外层源区的接触面为曲面结构，使得电场部分集中，有利于载流子的隧穿。

[65] 实施例2:

[66] 请参考图9~10，在本实施例中，将图9~10所示的双栅隧穿场效应晶体管称之为垂直结构双栅隧穿场效应晶体管。图9为垂直结构双栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图，图10为垂直结构双栅隧穿场效应晶体管立体图。

[67] 参考图1与图9可以看出，平行结构与垂直结构双栅隧穿场效应晶体管结构基本相同，包括栅电极层201、栅介质层202、第一源区203、内层源区204、外层源区205、高阻区206、扩展区207、漏区208，垂直结构双栅隧穿场效应晶体管还包括衬底209，衬底209与第一源区203接触。

[68] 实施例2与实施例1的区别在于，垂直结构双栅隧穿场效应晶体管还包括衬底209，从其它结构上看，两者基本相同。但是由于平行结构与垂直结构的制作工艺完全不同，工艺的不同造成所形成器件的性能完全不同，因此为不同的元器件。

[69] 实施例3:

[70] 当第一源区、第二源区，连通区和漏区为长方体，栅电极层的数量为三层时，所形成的隧穿场效应晶体管如图11~14所示，图11为三栅隧穿场效应晶体管立体图，图12为三栅隧穿场效应晶体管沿第二方向的第二源区剖面图，图13为三栅隧穿场效应晶体管沿第二方向的连通区剖面图，图14为三栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图。

[71] 如图11~14所示，本实施例中三栅隧穿场效应晶体管还包括绝缘层309和衬底层310；绝缘层309在第二方向上覆盖衬底层310；第一源区303、第二源区、连通

区和漏区308在第二方向上与绝缘层309接触；

[72] 栅电极层301包括第一栅电极层3011、第二栅电极层3012和第三栅电极层3013；

[73] 栅介质层302包括第一栅介质层3021、第二栅介质层3022和第三栅介质层3023；

[74] 外层源区305被内层源区分隔成第一外层源区3051、第二外层源区3052和第三外层源区3053；

[75] 扩展区307被高阻区306分隔成第一扩展区3071、第二扩展区3072和第三扩展区3073；

[76] 栅电极层301通过栅介质层分别平面覆盖第一外层源区3051、第二外层源区3052和第三外层源区3053；每层栅电极层分别通过一层栅介质层平面覆盖一层外层源区，即第一外层源区3051、第二外层源区3052和第三外层源区3053上面分别平面覆盖一层栅介质层和一层栅电极层，其中第一栅电极层3011在第三方向上平面覆盖第一外层源区3051、第二栅电极层3012在第二方向上平面覆盖第二外层源区3052、第三栅电极层3013在第三方向上平面覆盖第三外层源区3053。

[77] 栅介质层302分别平面覆盖第二源区、扩展区和漏区308，其中第一栅介质层3021在第三方向上平面覆盖第一外层源区3051、第一扩展区3071和漏区308，第二栅介质层3022在第二方向上平面覆盖第二外层源区3052、第二扩展区3072和漏区308，第三栅介质层3023在第三方向上平面覆盖第三外层源区3053、第三扩展区3073和漏区308。

[78] 实施例4：

[79] 当第一源区、第二源区，连通区和漏区为圆柱体，栅电极层的数量为一层时，所形成的隧穿场效应晶体管如图15~16所示，在本实施例中，将图15~16所示的隧穿场效应晶体管称之为环形隧穿场效应晶体管。图15为环形隧穿场效应管立体图，图16为环形隧穿场效应管沿第一方向的剖面图。从图16可以看出，环形隧穿长效应管沿第一方向的剖面图与图1中平行双栅隧穿场效应晶体管沿第一方向的剖面图相同，包括栅电极层401、栅介质层402、第一源区403、内层源区404、外层源区405、高阻区406、扩展区407和漏区408。图16与图1的不同之处在

于，图1中扩展区和高阻区为长方体形，扩展区被高阻区分隔成第一扩展区和第二扩展区，图16中高阻区406为如图15所示的圆柱形，扩展区407环形覆盖高阻区，并未被高阻区406分隔成两个区域，同理，在图16中外层源区405环形覆盖内层源区404，栅电极层401通过栅介质层402环形覆盖第二源区，栅介质层402环形覆盖第二源区、连通区和漏区，具体地，栅电极层401通过栅介质层402环形覆盖外层源区405，栅介质层402环形覆盖外层源区405、扩展区407和漏区408。

- [80] 综上所述，本申请中隧穿场效应管通过将隧穿场效应晶体管的外层源区与内层源区的接触面形成曲面结构，增大了外层源区与内层源区的接触面积，增加了载流子通过接触面隧穿的几率，因此增大了开态电流，具有良好的电流驱动能力。
- [81] 由于隧穿场效应晶体管的外层源区与内层源区的接触面形成曲面结构，增大了外层源区与内层源区的接触面积，增加了载流子通过接触面隧穿的几率，使其具有良好的亚阈值特性。
- [82] 曲面结构使电场主要集中在曲面部分，当栅过覆盖以后电场改变不大，从而抑制阈值电压受栅过覆盖程度的影响，且由于电场主要集中在曲面结构中的尖端，因此决定了器件的开启和关断，受源漏电压影响小，即其阈值电压受源漏电压及栅过覆盖影响小，具有阈值电压波动抑制效果。
- [83] 且通过实验证明，本申请隧穿场效应晶体管具有双极效应抑制效果。
- [84] 以上应用了具体个例对本发明进行阐述，只是用于帮助理解本发明并不用以限制本发明。对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，可以对上述具体实施方式的变化。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种隧穿场效应晶体管，其特征在于，包括栅电极层、栅介质层、源区、连通区和漏区；
- 所述源区包括第一源区和第二源区，所述第一源区和第二源区在表征沿晶体管沟道方向的第一方向上接触；所述第二源区包括内层源区 and 外层源区，所述外层源区在与第一方向垂直的第二方向上覆盖内层源区；
- 所述连通区包括扩展区和高阻区，所述扩展区在第二方向上覆盖高阻区；
- 所述第二源区与所述连通区在第一方向上接触；所述连通区与所述漏区在第一方向上接触；
- 所述栅电极层通过栅介质层在第二方向上覆盖外层源区，所述栅介质层在第二方向上覆盖外层源区、扩展区和漏区；
- 所述内层源区 and 外层源区的材料掺杂类型不同，内层源区材料的禁带宽度小于外层源区材料的禁带宽度；
- 所述外层源区、扩展区 and 漏区材料的掺杂类型相同；
- 所述外层源区覆盖内层源区所形成的接触面为曲面。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述接触面在垂直于该接触面方向上的剖面为波纹形、楔形或锯齿形结构。
- [权利要求 3] 如权利要求1所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述栅电极层 and 栅介质层的数量为一层、两层或三层，且所述栅电极层 and 栅介质层的数量一致，每层栅电极层覆盖一层栅介质层。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述第一源区、第二源区，连通区 and 漏区为长方体或圆柱体。
- [权利要求 5] 如权利要求4所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述第一源区、第二源区，连通区 and 漏区为长方体，所述栅电极层的数量为两层时：
- 所述栅电极层包括第一栅电极层 and 第二栅电极层；

所述栅介质层包括第一栅介质层和第二栅介质层；

所述外层源区被内层源区分隔成第一外层源区和第二外层源区；

所述扩展区被高阻区分隔成第一扩展区和第二扩展区；

所述栅电极层通过栅介质层分别在第二方向上平面覆盖第一外层源区和第二外层源区，其中第一栅电极层在第二方向上平面覆盖第一外层源区，第二栅电极层在第二方向上平面覆盖第二外层源区；

所述栅介质层分别在第二方向上平面覆盖第二源区、扩展区和漏区，其中第一栅介质层在第二方向上平面覆盖第一外层源区、第一扩展区和漏区，第二栅介质层在第二方向上平面覆盖第二外层源区、第二扩展区和漏区。

[权利要求 6]

如权利要求5所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述隧穿场效应晶体管还包括衬底层，所述栅介质层在第二方向上平面覆盖的区域还包括第一源区。

[权利要求 7]

如权利要求4所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述第一源区、第二源区，连通区和漏区为长方体，所述栅电极层的数量为三层时：

所述栅电极层包括第一栅电极层、第二栅电极层和第三栅电极层；

所述栅介质层包括第一栅介质层、第二栅介质层和第三栅介质层；

所述隧穿场效应晶体管还包括绝缘层和衬底层；所述绝缘层在第二方向上平面覆盖衬底层；所述第一源区、第二源区、连通区和漏区与绝缘层在第二方向上接触；

所述外层源区被内层源区分隔成第一外层源区、第二外层源区和第三外层源区；

所述扩展区被高阻区分割成第一扩展区、第二扩展区和第三扩展区；

所述栅电极层通过栅介质层分别平面覆盖第一外层源区、第二外层源区和第三外层源区，其中第一栅电极层在第三方向上平面覆盖第一外层源区，第二栅电极层在第二方向上平面覆盖第二外层源区，第三栅电极层在第三方向上平面覆盖第三外层源区；所述第三方向与第一方向和第二方向所形成的平面垂直；

所述栅介质层分别平面覆盖第二源区、扩展区和漏区，其中第一栅介质层在第三方向上平面覆盖第一外层源区、第一扩展区和漏区，第二栅介质层在第二方向上平面覆盖第二外层源区、第二扩展区和漏区，第三栅介质层在第三方向上平面覆盖第三外层源区、第三扩展区和漏区。

[权利要求 8]

如权利要求4所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述第一源区、第二源区，连通区和漏区为圆柱体，所述栅电极层的数量为一层时：

所述外层源区环形覆盖内层源区；

所述扩展区环形覆盖高阻区；

所述栅电极层通过栅介质层环形覆盖第二源区，所述栅介质层环形覆盖第二源区、连通区和漏区。

[权利要求 9]

如权利要求1所述的隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述栅电极层的材料的功函数范围为3.8-5.0电子伏，所述栅介质层的等效厚度为0.5-2纳米。

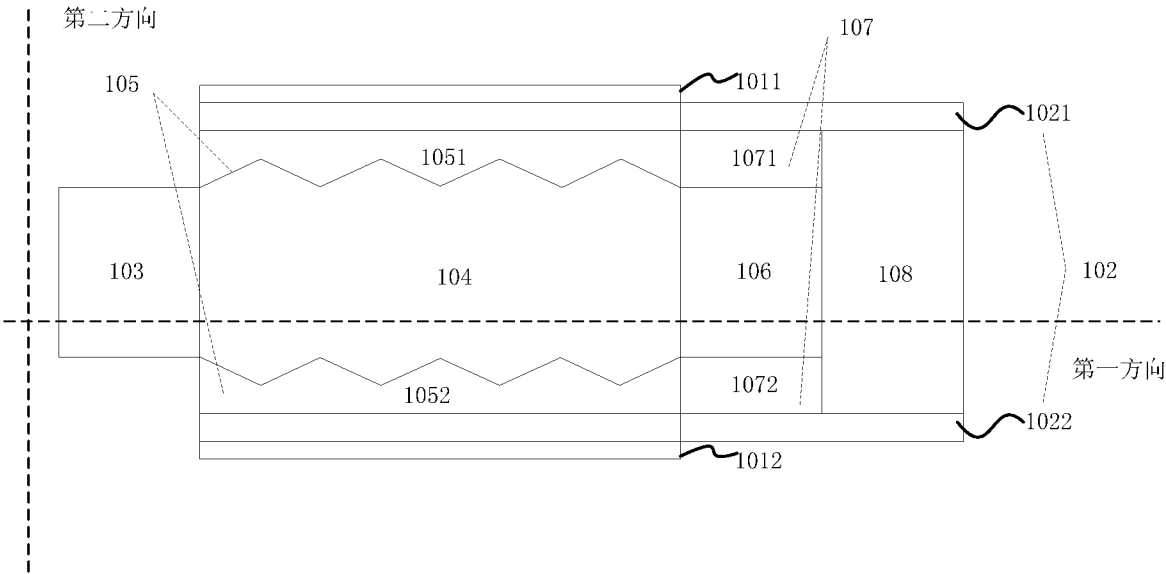


图 1

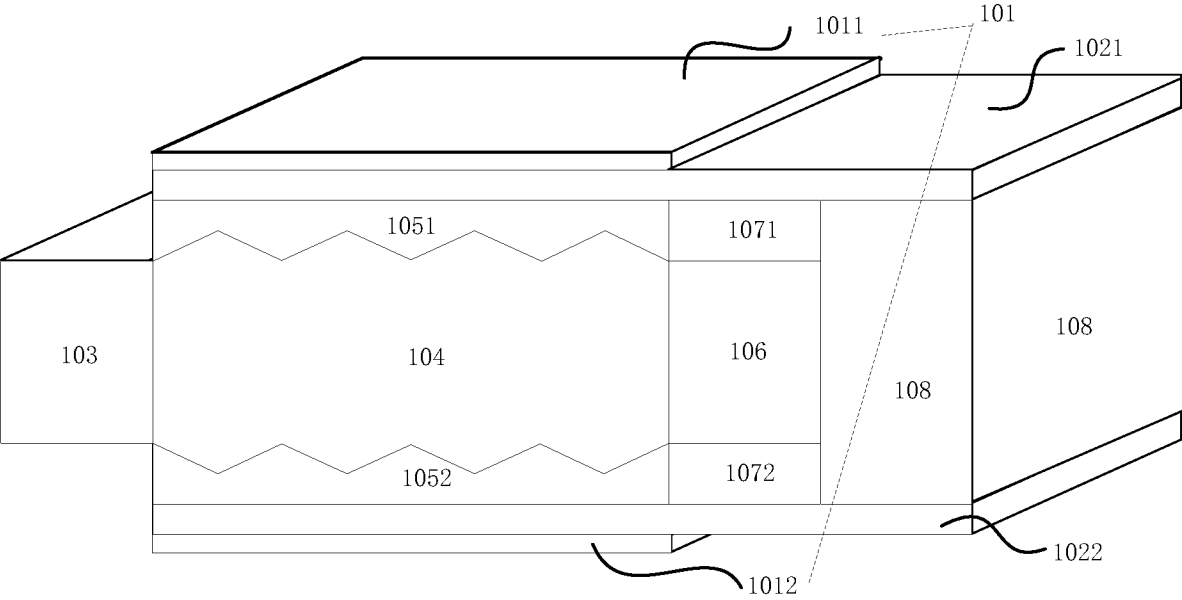


图 2

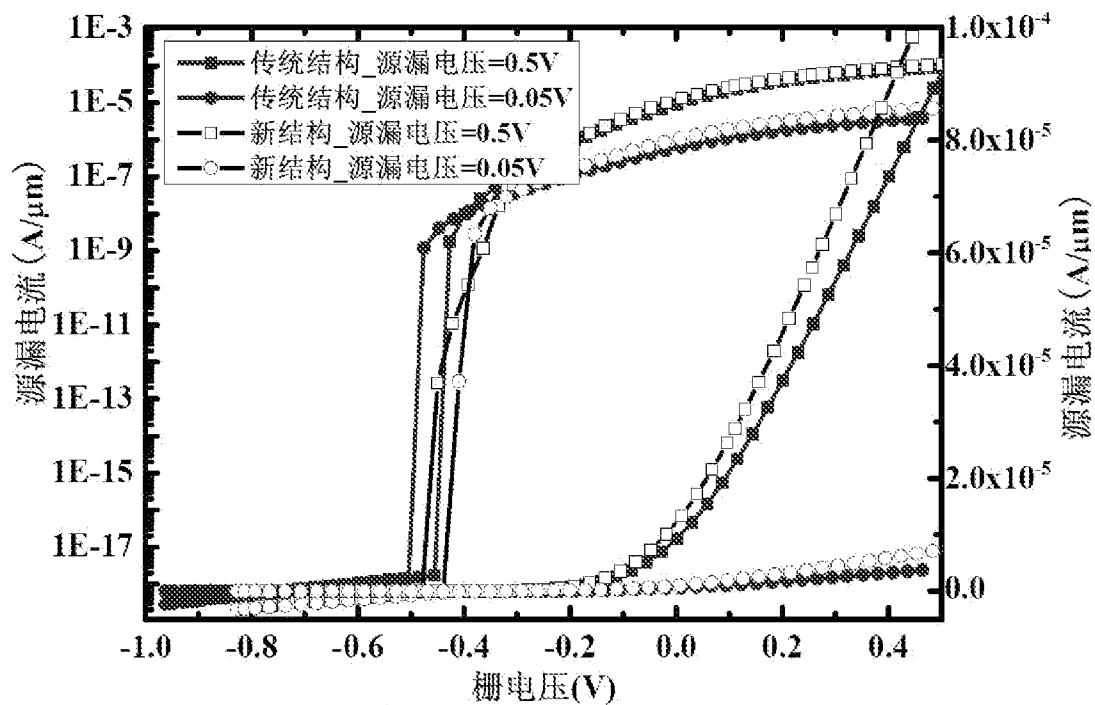


图 3

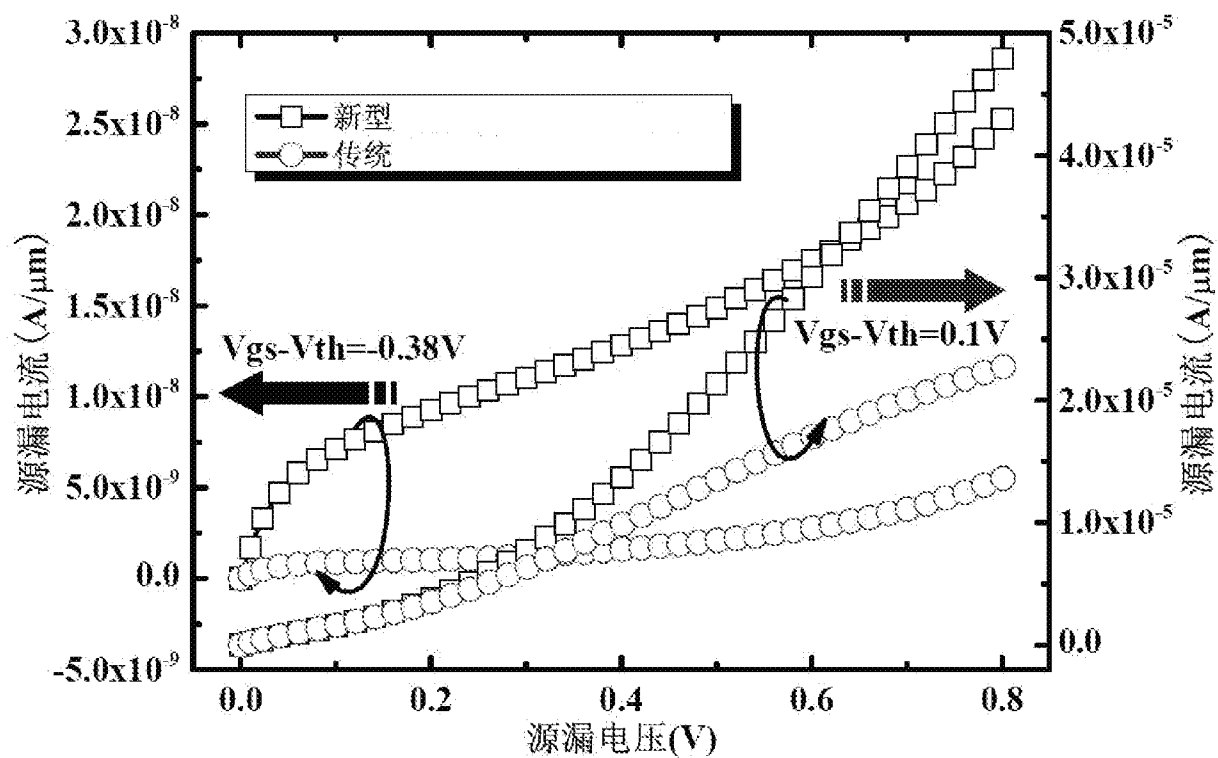


图 4

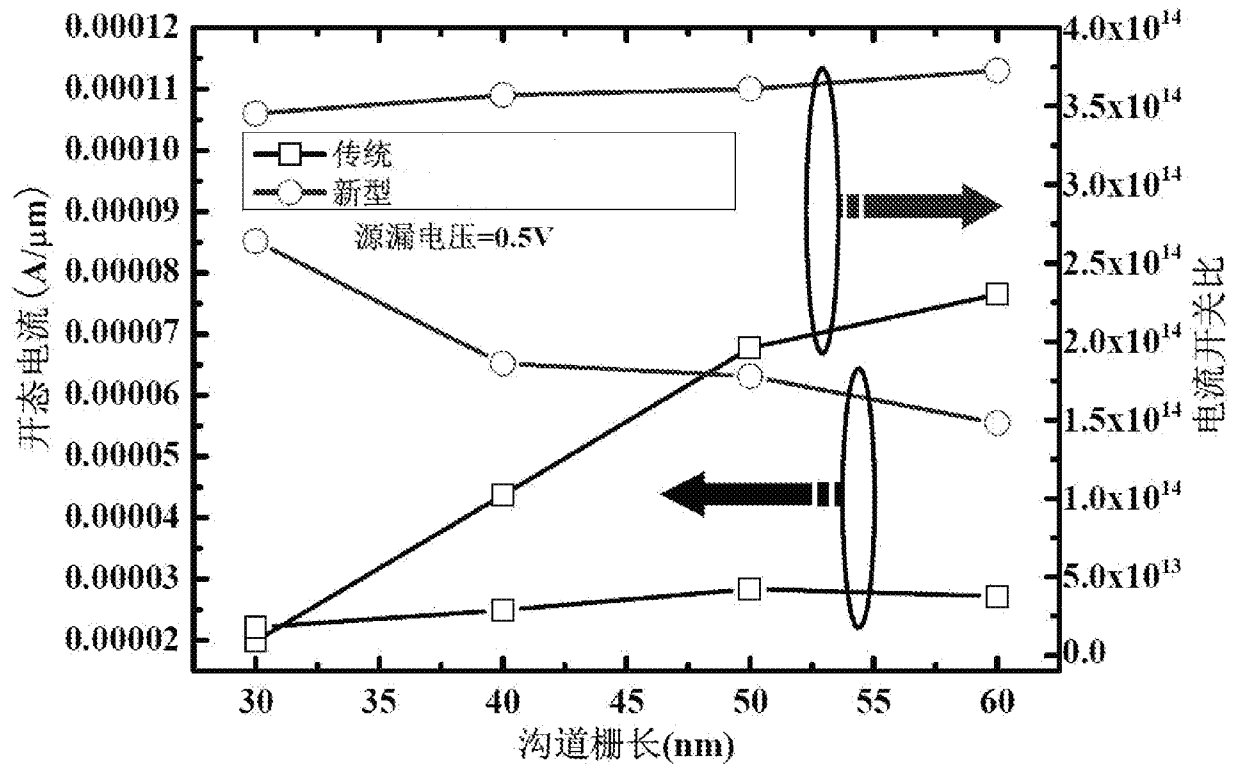


图 5

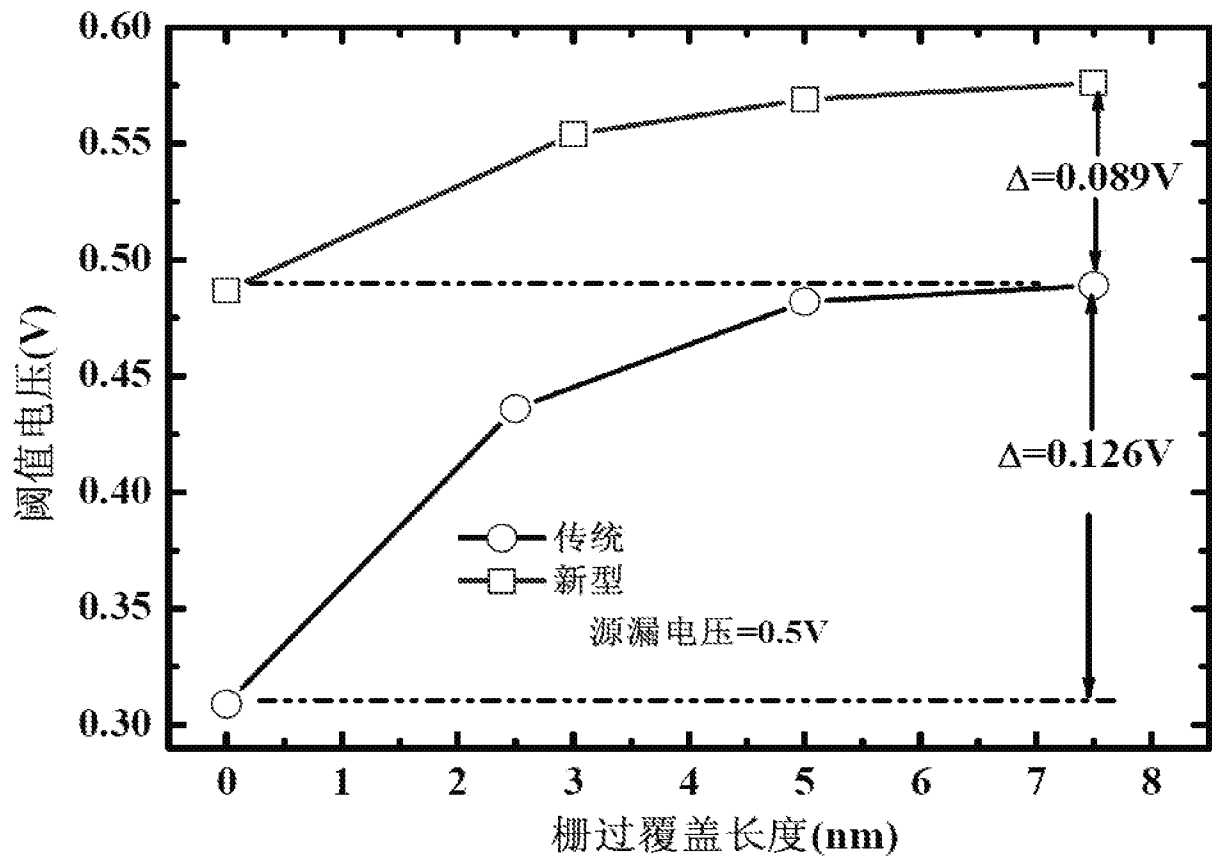
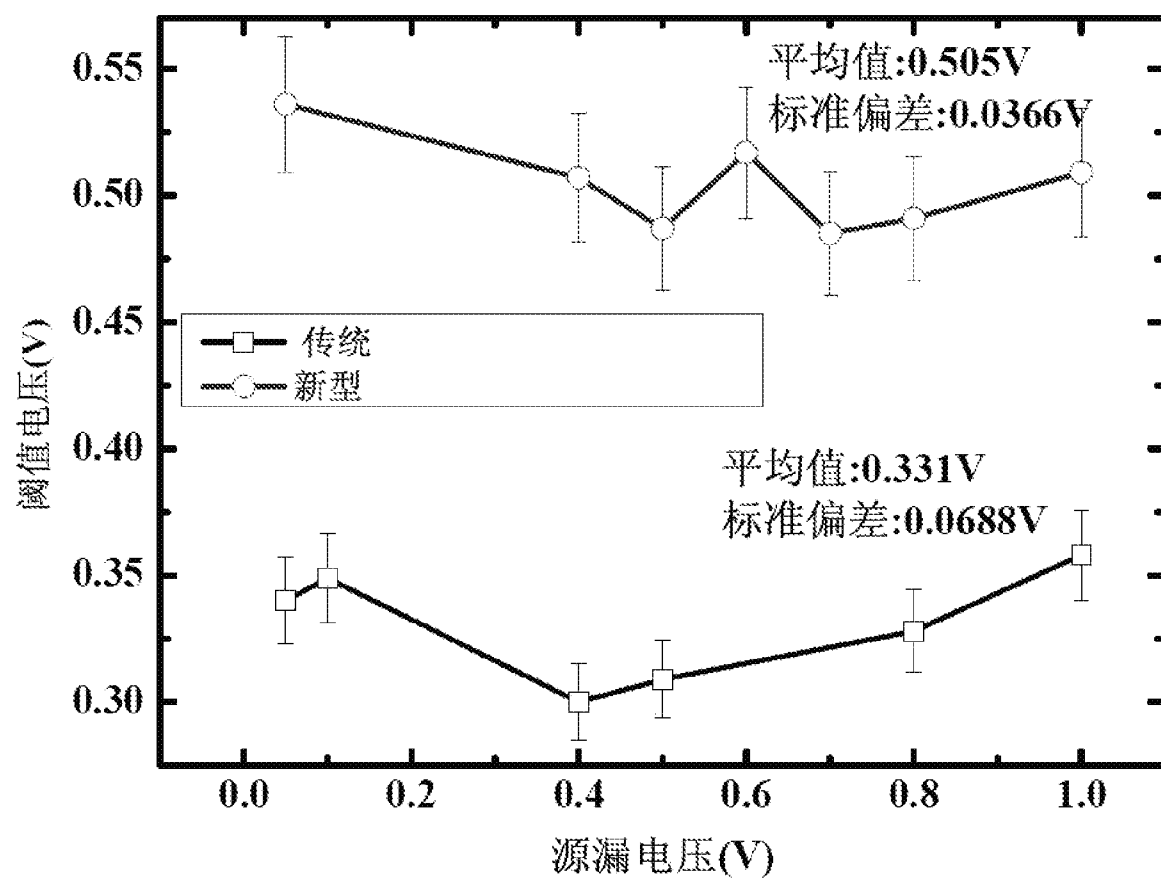


图 6



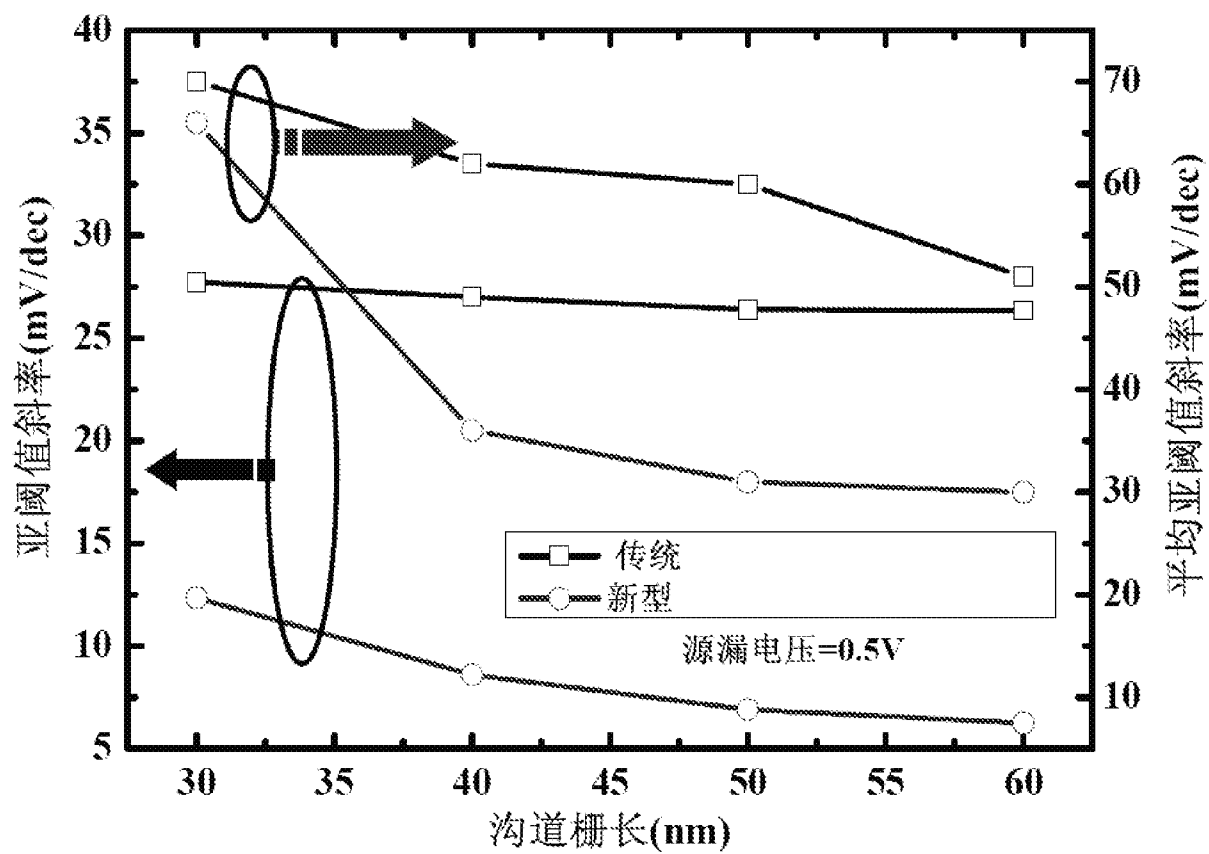


图 8

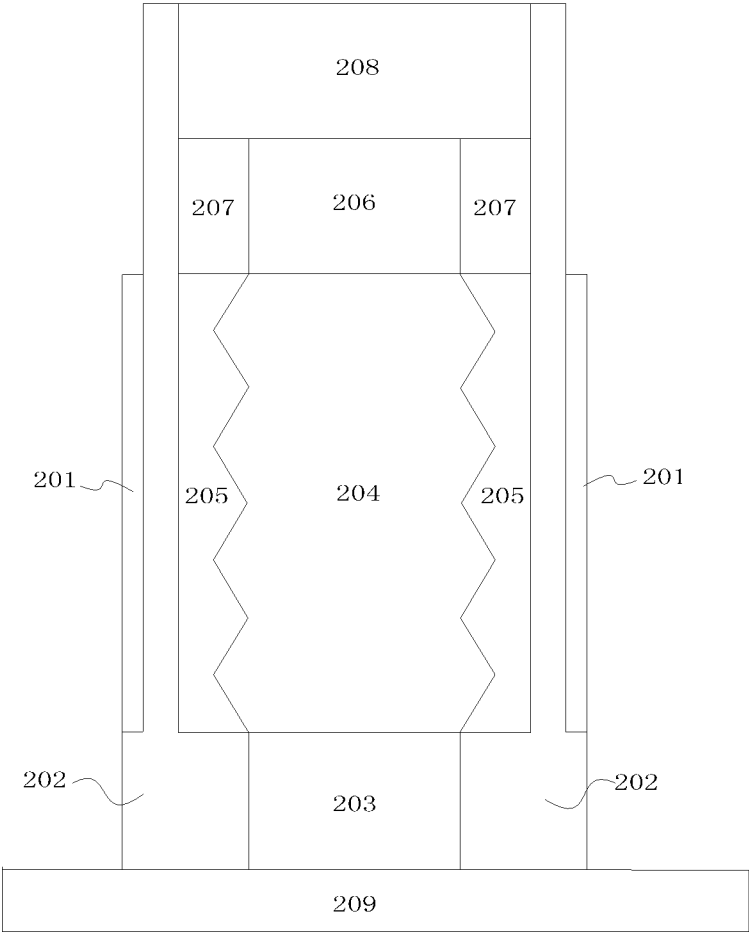


图 9

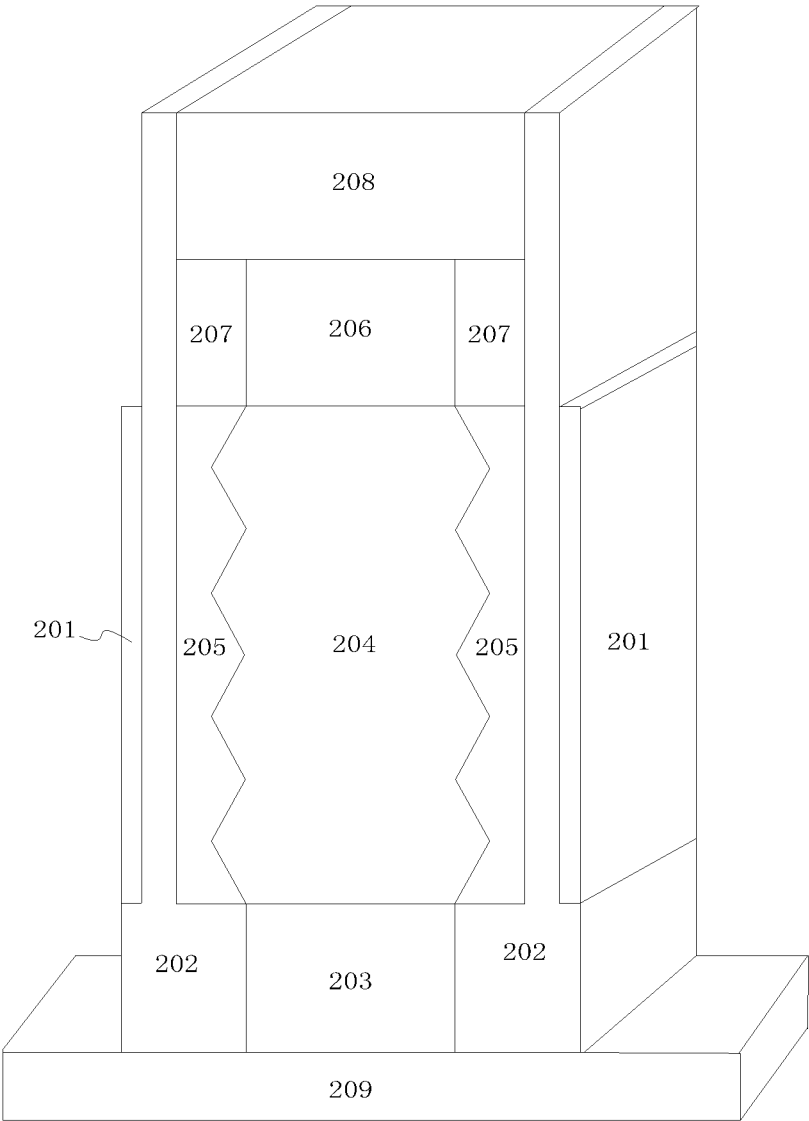


图 10

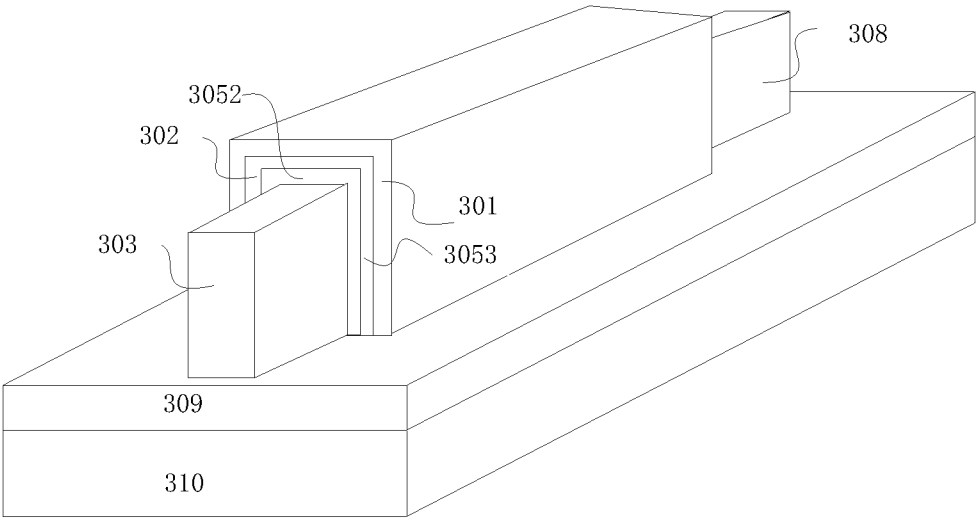


图 11

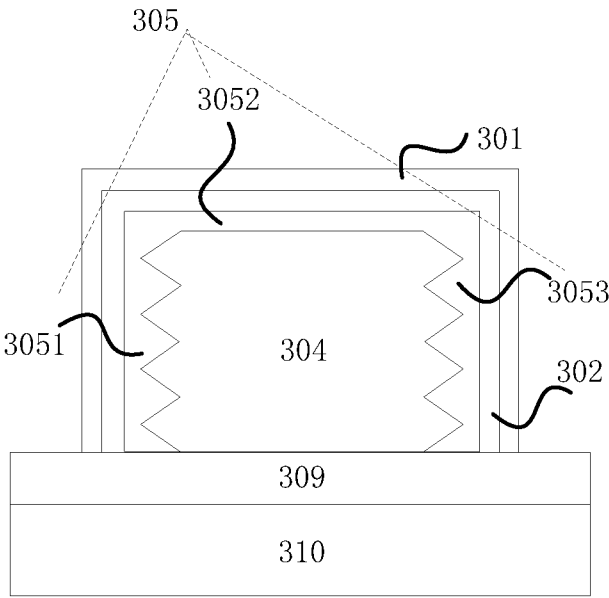


图 12

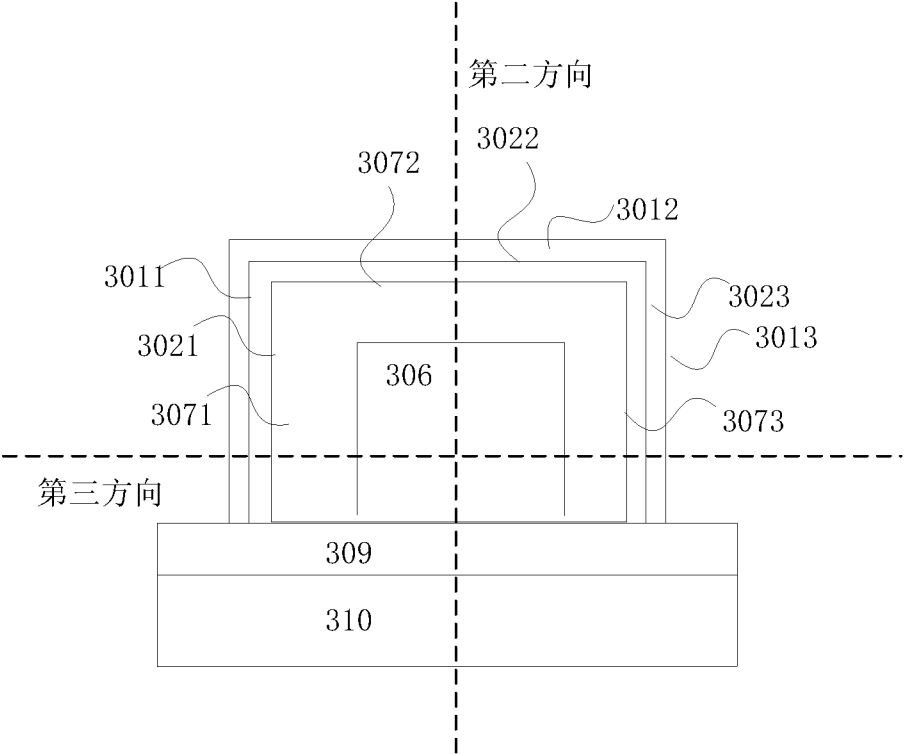


图 13

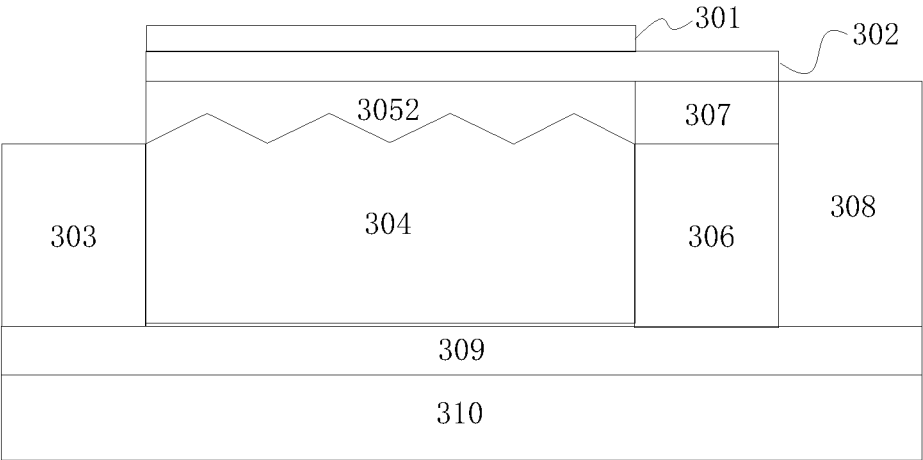


图 14

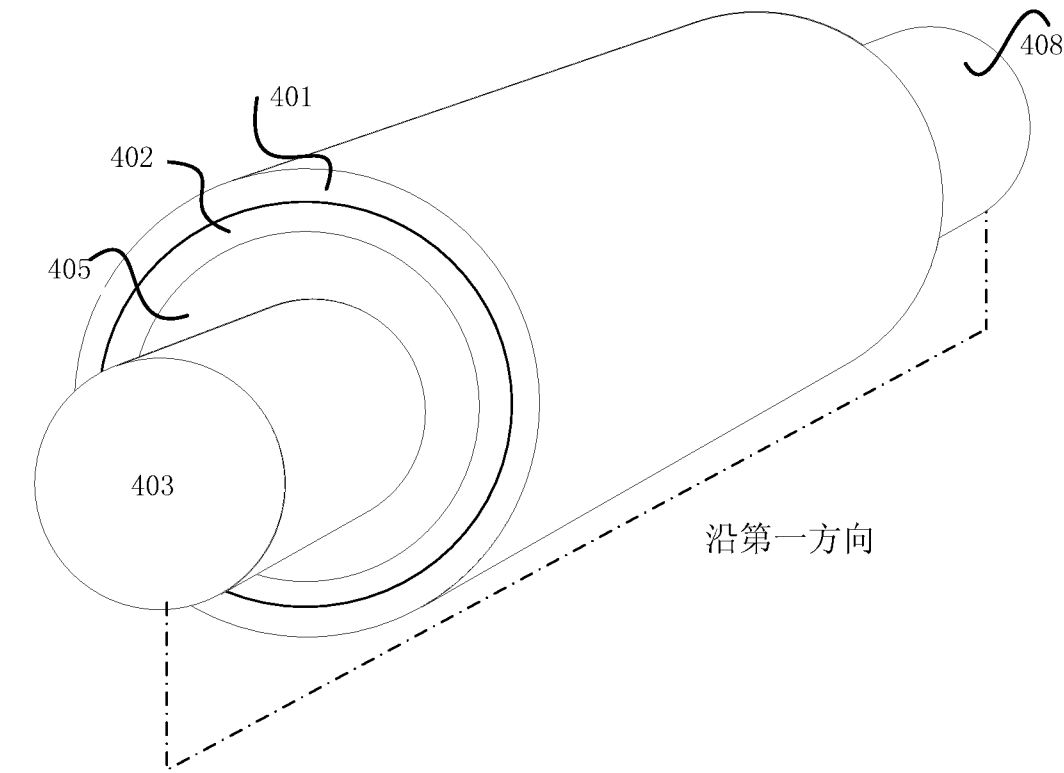


图 15

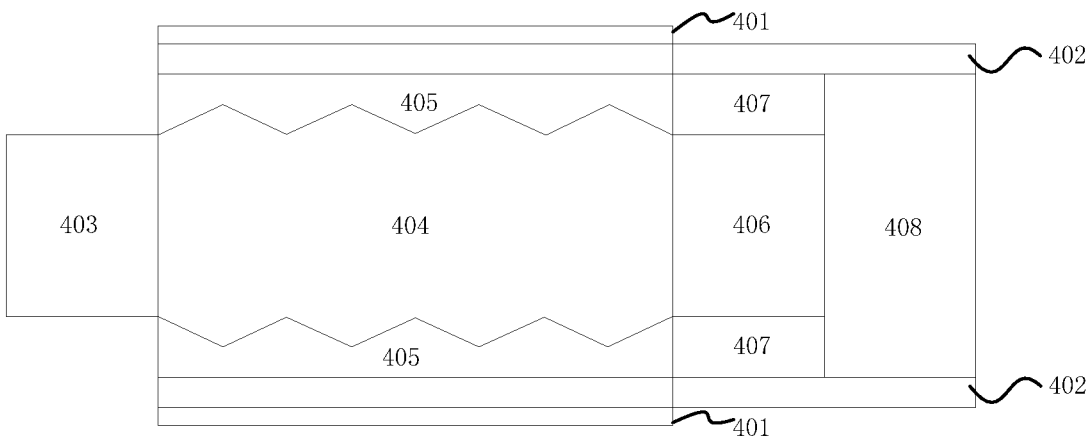


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/085671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/739 (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, WPI, EPODOC, CNKI, GOOGLE: tunnel, FET, transistor, gate, source, drain, curve, wedge, zigzag, warp

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102832256 A (UNIV BEIJING) 19 December 2012 (19.12.2012) description, page 3, paragraphs [0034] to [0047], and figures 1 to 4	1-9
A	CN 101699617 A (UNIV FUDAN) 28 April 2010 (28.04.2010) the whole document	1-9
A	CN 101969061 A (UNIV FUDAN) 09 February 2011 (09.02.2011) the whole document	1-9
A	KR 100622675 B1 (UNIV. SEOUL NAT. IND. FOUND.) 19 September 2006 (19.09.2006) the whole document	1-9
PX	CN 103474459 A (UNIV PEKING SHENZHEN GRAD SCHO) 25 December 2013 (25.12.2013) description, page 2, paragraph [0029] to page 6, paragraph [0083], and figures 1 to 16	1-9

☐ 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 18 November 2014	Date of mailing of the international search report 03 December 2014
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 HUANG, Lina Telephone No. (86-10) 62414004

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/085671

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102832256 A	10 December 2012	None	
CN 101699617 A	28 April 2010	CN 101699617 B	07 December 2011
CN 101969061 A	09 February 2011	None	
KR 100622675 B1	19 September 2006	None	
CN 103474459 A	25 December 2013	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/085671

A. 主题的分类

H01L 29/739(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, WPI, EPDOC, CNKI, GOOGLE: 隧穿, 穿隧, 晶体管, 栅, 源, 漏, 曲, 弯, 折, tunnel, FET, transistor, gate, source, drain, curve, wedge, zigzag, warp

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 102832256 A (北京大学) 2012年 12月 19日 (2012 - 12 - 19) 说明书第3页[0034]段至[0047]段、附图1-4	1-9
A	CN 101699617 A (复旦大学) 2010年 4月 28日 (2010 - 04 - 28) 全文	1-9
A	CN 101969061 A (复旦大学) 2011年 2月 09日 (2011 - 02 - 09) 全文	1-9
A	KR 100622675 B1 (UNIV. SEOUL NAT. IND. FOUND.) 2006年 9月 19日 (2006 - 09 - 19) 全文	1-9
PX	CN 103474459 A (北京大学深圳研究生院) 2013年 12月 25日 (2013 - 12 - 25) 说明书第2页[0029]段至第6页[0083]段、附图1-16	1-9

☐ 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

2014年 11月 18日

国际检索报告邮寄日期

2014年 12月 03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)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

黄丽娜

电话号码 (86-10)62414004

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/085671

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	102832256	A	2012年 12月 19日	无			
CN	101699617	A	2010年 4月 28日	CN	101699617	B	2011年 12月 07日
CN	101969061	A	2011年 2月 09日	无			
KR	100622675	B1	2006年 9月 19日	无			
CN	103474459	A	2013年 12月 25日	无			