

(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
2012 年 9 月 7 日 (07.09.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/116522 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01L 29/78 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/074314
- (22) 国际申请日: 2011 年 5 月 19 日 (19.05.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110048595.4 2011 年 3 月 1 日 (01.03.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 北京大学 (PEKING UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区颐和园路 5 号, Beijing 100871 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 黄如 (HUANG, Ru) [CN/CN]; 中国北京市海淀区颐和园路 5 号, Beijing 100871 (CN)。 詹瞻 (ZHAN, Zhan) [CN/CN]; 中国北京市海淀区颐和园路 5 号, Beijing 100871 (CN)。 黄芊芊 (HUANG, Qianqian) [CN/CN]; 中国北京市海淀区颐和园路 5 号, Beijing 100871 (CN)。 王阳元 (WANG, Yangyuan) [CN/CN]; 中国北京市海淀区颐和园路 5 号, Beijing 100871 (CN)。
- (74) 代理人: 北京万象新悦知识产权代理事务所 (普通合伙) (BEIJING WANXIANGXINYUE INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀路 50 号北大资源东楼 1330 室, Beijing 100080 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: LOW POWER CONSUMPTION TUNNELING FIELD-EFFECT TRANSISTOR WITH FINGER-SHAPE GATE STRUCTURE

(54) 发明名称: 一种叉指型栅结构的低功耗隧穿场效应晶体管

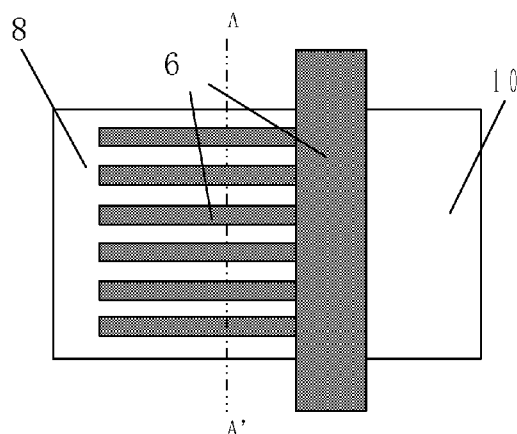


图 2b / Fig.2b

(57) Abstract: A low power consumption tunneling field-effect transistor is provided. The transistor comprises a source electrode(8), a drain electrode(10), and a control gate electrode(6). The control gate electrode(6) extending towards the source electrode(8) is formed in a finger-shape. The finger-shape control gate electrode(6) is composed of an extended gate electrode region and a prime control gate electrode region. An active region covered by the extended gate electrode region is also a channel region, and the material of the active region is the same as a substrate(9) material. Under the same process condition and with the same size of the active region, the transistor has a higher conduction current and sharper sub-threshold slope when compared with the existing transistors.

[见续页]



WO 2012/116522 A1



根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

一种低功耗隧穿场效应晶体管, 包括源极(8)、漏极(10)和控制栅极(6), 其中, 控制栅极(6)向源极(8)端延展成叉指型, 该叉指型控制栅极(6)由延展出来的栅极区和原控制栅极区组成, 在延展栅极区下覆盖的有源区同样是沟道区, 材料为衬底(9)材料。该晶体管与现有的晶体管相比, 在同样的工艺条件, 同样的有源区尺寸下, 可以得到更高的导通电流以及更陡直的亚阈值斜率。

一种叉指型栅结构的低功耗隧穿场效应晶体管

技术领域

本发明属于 CMOS 超大集成电路 (ULSI) 中的场效应晶体管逻辑器件与电路领域, 具体涉及一种隧穿场效应晶体管 (TFET)。

背景技术

随着器件尺寸不断缩小, 器件短沟道效应等负面影响日益加剧。DIBL (漏至势垒降低效应)、带带隧穿效应使得器件关态漏泄电流不断增大。不仅如此, 传统 MOSFET 器件亚阈值斜率由于受到 KT/q 的理论限制而无法随着器件尺寸的缩小而同步减小。因此伴随着器件阈值电压降低, 亚阈值漏泄电流也在不断地升高。如今, 由此带来的静态功耗问题已经成为小尺寸器件下大家关注的焦点。为了突破常规 MOSFET 亚阈值斜率 $60\text{mV}/\text{dec}$ 的理论极限, 降低器件的静态功耗, 同时也降低开关过程中的动态功耗, 我们需要采用新颖导通机制的器件。隧穿场效应晶体管 TFET, 由于其采用量子力学隧穿的导通机制从而突破了常规 MOSFET 亚阈区的理论限制, 应用前景相当广阔。

在传统在平面硅技术中, TFET 的结构与传统 MOSFET 类似, 控制栅具有一定的宽长比。如图 1 所示。目前 TFET 遇到的主要挑战是受制于隧穿的影响而导致的驱动电流地不足。现阶段提高 TFET 导通电流的主要方法有: (1) 减薄栅介质层厚度, 提高栅介质层的介电常数从而提高栅控能力, 此方法采用高 K 介质对比生长二氧化硅栅介质来说工艺相对复杂, 而且由于受到栅漏电的影响, 介质层厚度也有一个极限值; (2) 采用窄禁带半导体材料, 减小隧穿势垒宽度, 提高隧穿电流, 该方法由于引入其他半导体材料无疑增加了成本以及工艺复杂度。

发明内容

本发明的目的在于提供一种叉指型栅结构低功耗隧穿场效应晶体管, 该 TFET 结构能在不改变工艺技术前提下, 利用相同的有源区面积显著提升器件导通电流。

本发明的技术方案如下:

一种低功耗隧穿场效应晶体管, 包括源、漏和控制栅, 其特征在于, 控制栅向源端延展成叉指型, 所述控制栅具体包括两部分, 延展出来的栅区为叉指栅, 原控制栅区为主栅, 在延展栅覆盖下的有源区同样是沟道区, 材料为衬底材料。

所述的叉指栅个数任意, 但是叉指栅宽度总和小于源区注入宽度, 以保证叉指栅被源区包围。

所述延展栅的宽度任意, 只需要保证叉指栅宽度总和小于源区注入宽度, 以保证叉指栅

被源区包围。

叉指栅的栅宽也可以适当减小，减小到栅极两侧源结内建势可以耗尽延展栅以下的沟道区，这样可以减小器件静态漏泄电流。根据沟道以及源区掺杂浓度的不同，这个值大约小于1—2微米。

所述叉指栅的长度方向可以任意，视需要电流的提升量而定，但是一般不会超过源端有源区的边缘。

主栅与漏区之间可以留有一定的余量，抑制 TFET 双极导通特性，主栅与源区之间也可以留有一定的余量，这样主栅区可以失去控制力，以得到更好的亚阈值斜率。

本发明的技术效果如下：

一、采用叉指型栅极控制沟道表面电势，使得沟道表面能带导带降低或者价带上升，增强源结电场强度促使带带隧穿发生，产生导通电流。

二、采用叉指型栅结构，实现 TFET 的源区包围沟道，实现大的隧穿面积，提高器件导通电流，同时改善亚阈值斜率。

三、增加叉指栅极的长度最能有效的提高器件导通电流。

与现有的平面 TFET 相比，在同样的工艺条件，同样的有源区尺寸下可以得到更高的导通电流以及更陡直的亚阈值斜率。与 T 型栅 TFET 相比，叉指型栅 TFET 更有效的利用器件面积，更进一步提升电流密度。

附图说明

图 1 为典型的平面 TFET 结构示意图；其中，图 1a 为典型的平面 TFET 示意图；图 1b 为典型平面 TFET 俯视图；

图 2 为本发明叉指型栅 TFET 平面结构示意图；其中，图 2a 为本发明叉指型栅 TFET 示意图。

图 2b 为本发明叉指型栅 TFET 的俯视图；图 2c 为本发明叉指栅沿 AA' 方向（图 2b）的剖面图；

图 3 为制备本发明叉指型栅 TFET 的主要工艺步骤，其中图 3a 为生长氧化层并淀积多晶硅后的基片。图 3b 为光刻有源区后的基片，图 3b' 为图 3b 的俯视图。图 3c 为源区有源区注入工艺过程，图 3c' 为图 3c 的俯视图。图 3d 漏区有源区注入工艺过程，图 3d' 为图 3d 的俯视图。图 3e 为源漏结形成后的叉指型栅结构低功耗隧穿场效应晶体管结构图，图 3e' 为图 3e 俯视图。

图中 1—现有 TFET 的控制栅；2—现有 TFET 的栅氧化层；3—现有 TFET 的源；4—现有

TFET 的衬底；5—现有 TFET 的漏；6—本发明 TFET 的控制栅；7—本发明 TFET 的栅介质层，8—本发明 TFET 的源极，10—本发明 TFET 的漏极，9—本发明 TFET 的衬底；

图 4 为常规 TFET，T 型栅 TFET，叉指栅 TFET 转移特性曲线实验结果对比图。

具体实施方式

下面通过实例对本发明做进一步说明。需要注意的是，公布实施例的目的在于帮助进一步理解本发明，但是本领域的技术人员可以理解：在不脱离本发明及所附权利要求的精神和范围内，各种替换和修改都是可能的。因此，本发明不应局限于实施例所公开的内容，本发明要求保护的范围以权利要求书界定的范围为准。

本发明完全可以采用常规 TFET 工艺流程制备，关键部分是在栅的版图结构。

具体实施步骤如图 3 所示：

- 1，在衬底 9 上生长栅氧化层 7，栅厚度越小器件栅控能力就越好，理想数值大约在 4nm-20nm 之间，然后淀积多晶硅 6，如图 3a 所示。
- 2，光刻出栅图形 6，其中叉指栅的宽度约 1 微米，叉指栅之间距离以及叉指栅与源区上下两侧以及左侧的预留量也是约 1 微米，然后准备用多晶硅层为硬掩膜进行源漏注入，如图 3b 所示。在漏区涂胶 11，以胶以及多晶硅 6 为掩膜进行源有源区注入，然后去胶，如图 3c 所示。
- 3，在源区涂胶 11，以胶以及多晶硅 6 为掩膜进行漏区有源区注入，然后去胶，如图 3d 所示。
- 4，进行一次高温热退火，激活源漏杂质，形成源区 10 与漏区 8，如图 3e 所示。

图 4 为常规 TFET，T 型栅 TFET，叉指栅 TFET 转移特性曲线实验结果对比图，其中叉指栅 TFET 拥有叉指数 3 个，三种器件具有相同的有源区尺寸。可以看出叉指栅 TFET 可以有效提高器件导通电流，提高器件驱动性能。

虽然本发明已以较佳实施例披露如上，然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案作出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

权 利 要 求 书

1、一种低功耗隧穿场效应晶体管，包括源、漏和控制栅，其特征在于，控制栅向源极端延展成叉指型，所述叉指型控制栅由延展出来的叉指栅区和原控制栅区组成，在延展栅区下覆盖的有源区同样是沟道区，材料为衬底材料。

2、如权利要求 1 所述的低功耗隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述叉指栅区的总宽度小于源区有源区的注入宽度。

3、如权利要求 2 所述的低功耗隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述叉指栅区的栅宽为 5 纳米—2 微米。

4、如权利要求 1 所述的低功耗隧穿场效应晶体管，其特征在于，所述原控制栅区与漏区之间有间隙，间隙范围为 5 纳米—2 微米之间。

5、如权利要求 1 所述的低功耗隧穿场效应晶体管，其特征在于，栅介质可以是二氧化硅，或者是高 K 栅介质材料。

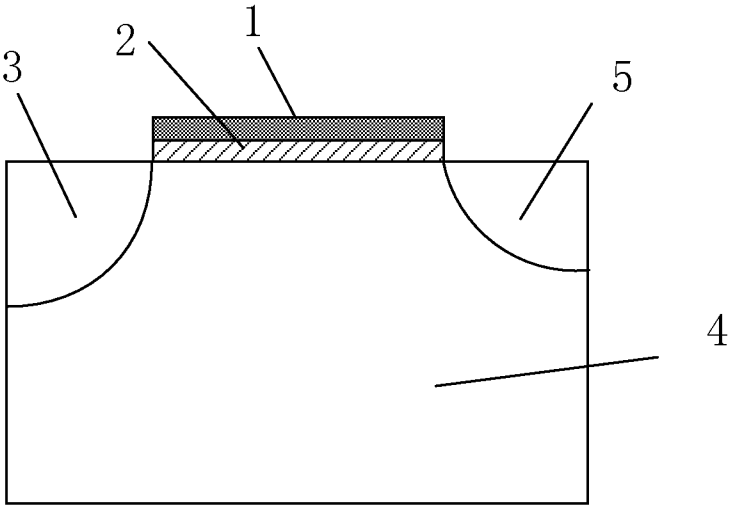


图 1a

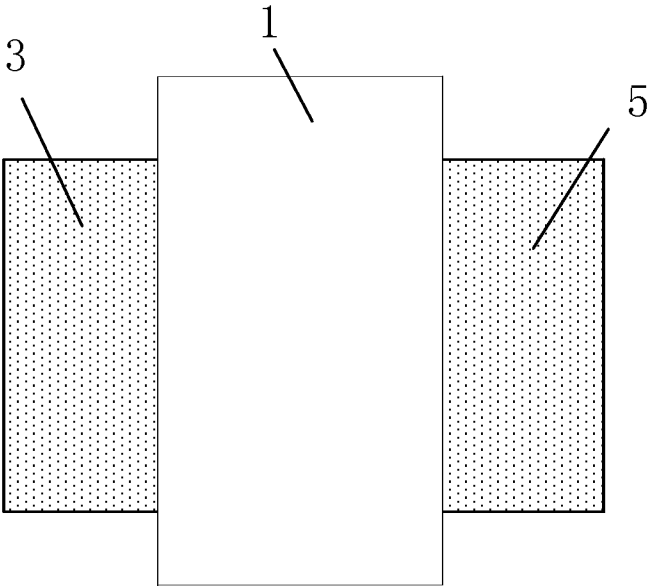


图 1b

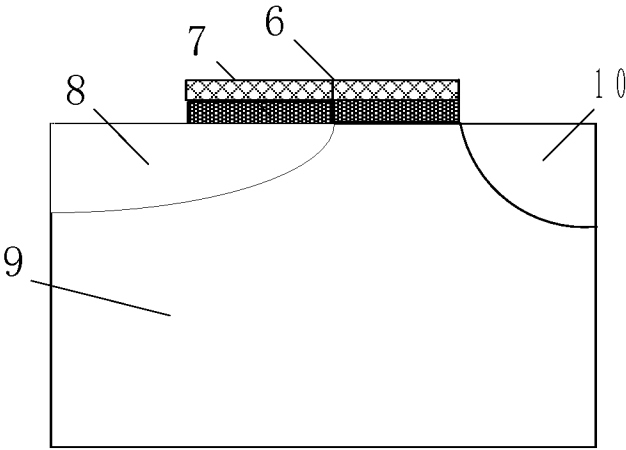


图 2a

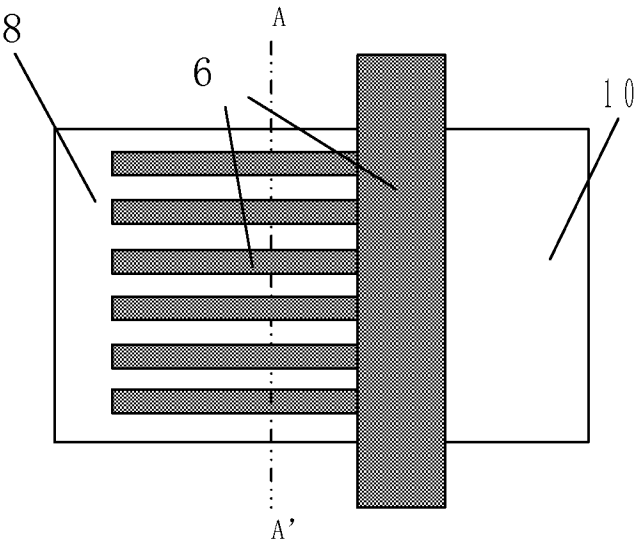


图 2b

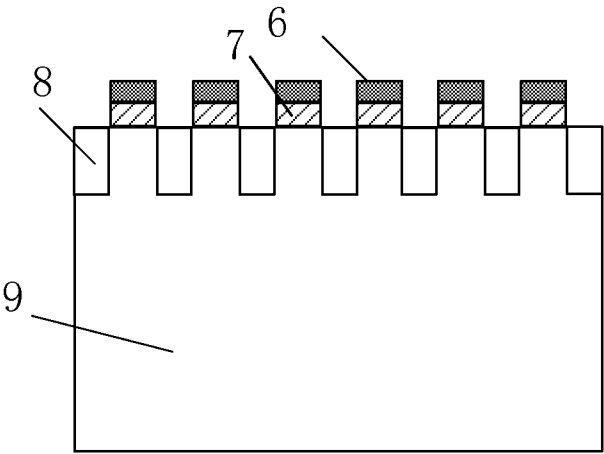


图 2c

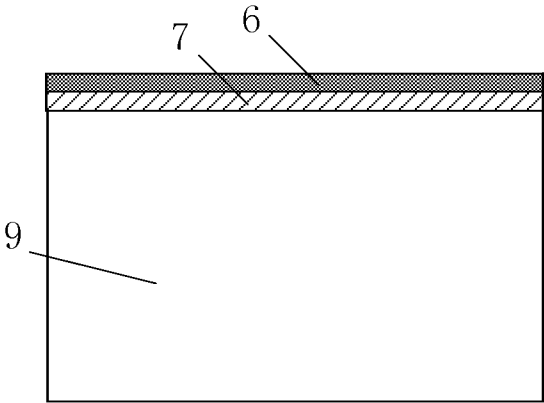


图 3a

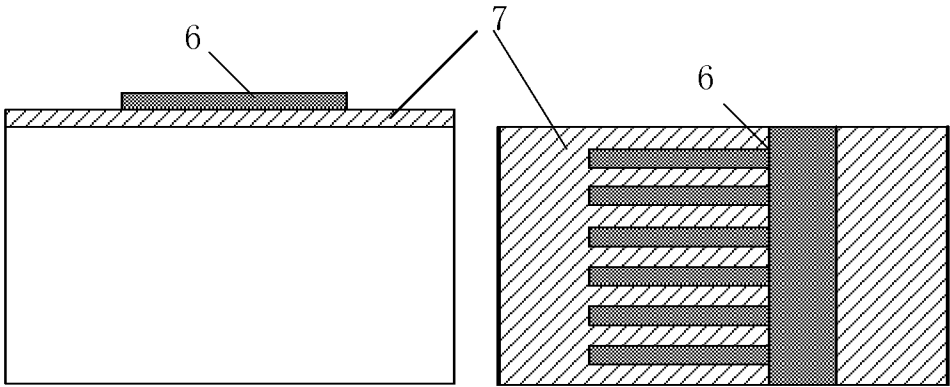


图 3b

图 3b'

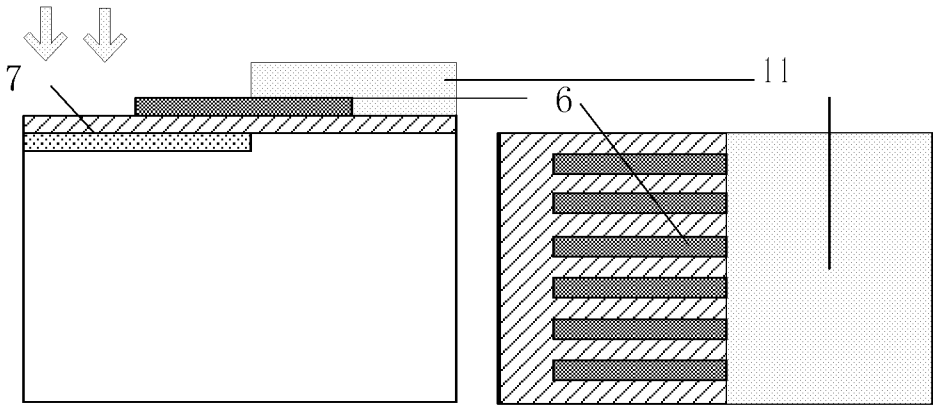


图 3c

图 3c'

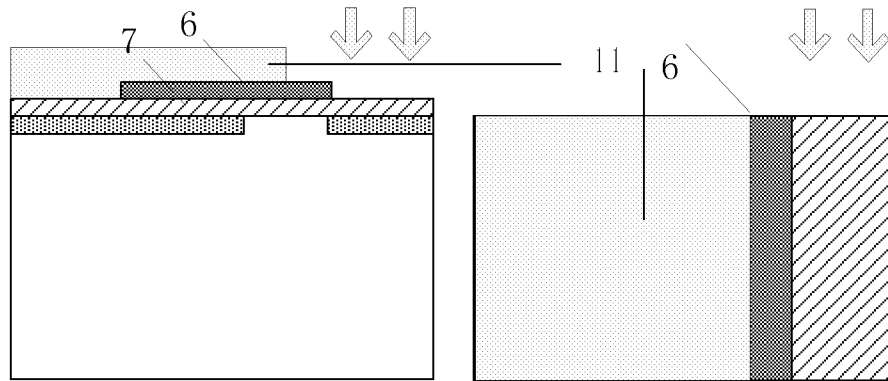


图 3d

图 3d'

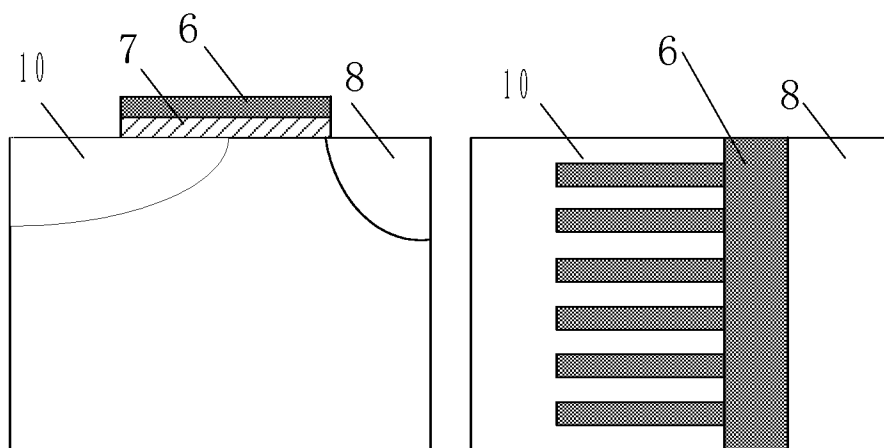


图 3e

图 3e'

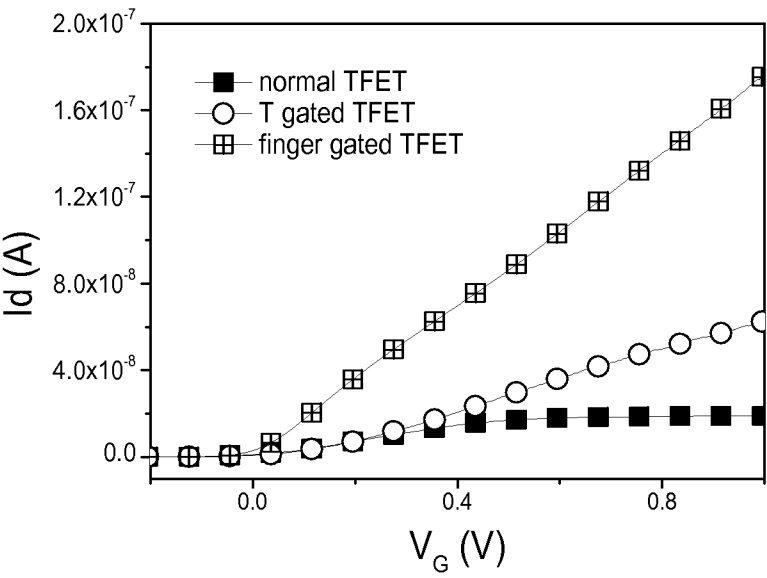


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/074314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L29/78 (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)

IPC:H01L29/,H01L21/

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)

CPRS,CNKI,WPI,EPODOC:FET, CMOS, comb,teeth,branch+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN101651141A(NEC ELECTRONICS CORP)17 Febuary 2010(17.02.2010) page 5 line 1 to page 10 line 1,page 13 lines 3-11 of the description, figure 18	1-5
E	CN102117833A(UNIV PEKING)06 July 2011(06.07.2011) paragraphs 0006-0010, 0043-0050 of the description, figures 1-6	1-5

☐ 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
21 October 2011(21.10.2011)Date of mailing of the international search report
01 Dec. 2011 (01.12.2011)Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer

ZHAO, Ying

Telephone No. (86-10)62412108

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/074314

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101651141A	17.02.2010	US2010032754A1	11.02.2010
		JP2010045130A	25.02.2010
CN102117833A	06.07.2011	None	

A. 主题的分类		
H01L29/78 (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)		
IPC:H01L29/,H01L21/		
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))		
CPRS,CNKI,WPI,EPODOC:场效应, 晶体管, 栅, 叉指, 突, 凸, 梳, 齿, 分叉, FET, CMOS, comb,teeth,branch+		
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	CN101651141A(恩益禧电子股份有限公司)17.2 月 2010(17.02.2010)说明书第 5 页第 1 行至第 10 页第 1 行, 第 13 页第 3-11 行, 附图 18	1-5
E	CN102117833A(北京大学)06.7 月 2011(06.07.2011)说明书第 0006-0010, 0043-0050 段, 附图 1-6	1-5
☐ 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 21.10 月 2011(21.10.2011)		国际检索报告邮寄日期 01.12 月 2011 (01.12.2011)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 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 赵颖 电话号码: (86-10) 62412108

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2011/074314

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101651141A	17.02.2010	US2010032754A1	11.02.2010
		JP2010045130A	25.02.2010
CN102117833A	06.07.2011	无	