



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102856495 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

(21) 申请号 201110181458. 8

(22) 申请日 2011. 06. 30

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学清
华-富士康纳米科技研究中心 401 室
专利权人 鸿富锦精密工业(深圳)有限公司

(72) 发明人 胡春华 刘长洪 范守善

(51) Int. Cl.

H01L 51/10(2006. 01)

H01L 51/05(2006. 01)

H01L 51/40(2006. 01)

G01L 1/16(2006. 01)

G01L 9/08(2006. 01)

(56) 对比文件

TW 200935040 A, 2009. 08. 16, 说明书第 8 页
倒数第二段-第 15 页倒数第一段、附图 1.

CN 101582444 A, 2009. 11. 18, 说明书第 4 页
倒数第二段-第 5 页第 2 段、附图 1.

CN 2699245 Y, 2005. 05. 11, 说明书第 8 页倒
数第一段-第 10 页第 3 段、附图 3 和 7.

JP 特开 2007-178256 A, 2007. 07. 12, 全文.

C. H. Hu. et. al..Resistance-pressure
sensitivity and a mechanism study of
multiwall carbon nanotube networks/
poly(dimethylsiloxane) composites.

《Applied. Physics Letters》.2008, 第 93 卷第
0331083-1-130331083-3 页.

审查员 陈颂杰

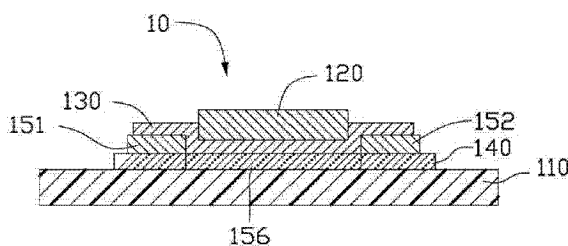
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

压力调控薄膜晶体管及其应用

(57) 摘要

一种压力调控薄膜晶体管,其包括:一源极;
一与该源极间隔设置的漏极;一半导体层,该半
导体层与所述源极和漏极电连接;以及一栅极,
该栅极通过一绝缘层与所述半导体层、源极及漏
极绝缘设置;其中,所述半导体层为一有机复合
材料层,该有机复合材料层包括一高分子基底以
及分散在所述高分子基底中的多个碳纳米管,所
述高分子基底的弹性模量为 0.1 兆帕至 10 兆帕,
在所述半导体层上施加一垂直于所述半导体层
的压力,该压力导致所述半导体层的带隙发生变
化,从而使所述压力调控薄膜晶体管的开关比发
生变化。本发明还涉及一应用该压力调控薄膜晶
体管的压力感应装置。



1. 一种压力调控薄膜晶体管,其包括:一源极;一与该源极间隔设置的漏极;一半导体层,该半导体层与所述源极和漏极电连接;以及一栅极,该栅极通过一绝缘层与所述半导体层、源极及漏极绝缘设置;其特征在于,所述半导体层为一有机复合材料层,该有机复合材料层包括一高分子基底以及分散在所述高分子基底中的多个半导体性碳纳米管,所述高分子基底的弹性模量为0.1兆帕至10兆帕,在所述半导体层上施加一垂直于所述半导体层的压力,该压力导致所述半导体层的带隙发生变化,从而使所述压力调控薄膜晶体管的开关比发生变化。

2. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管在进行压力调控时,所述压力为 10^5 帕至 10^7 帕。

3. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极与漏极之间的电流与所述压力成反比。

4. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力导致所述半导体层中的碳纳米管发生形变,碳纳米管的带隙增大,半导体层的带隙也增大,从而使压力调控薄膜晶体管的开关比增大。

5. 如权利要求4所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管的开关比增大,当半导体层为P型半导体同时栅极电压为正,以及半导体层为N型半导体同时栅极电压为负时,所述源极与漏极之间的电流被关断。

6. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述半导体层的长度为1微米至100微米,宽度为1微米至1毫米,厚度为0.5纳米至100微米。

7. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述碳纳米管占所述有机复合材料的质量百分比含量为0.1%至1%。

8. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述高分子材料为聚二甲基硅氧烷。

9. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述绝缘层的材料为氮化硅、氧化硅、苯并环丁烯、聚酯或丙烯酸树脂。

10. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述栅极的材料为金属、合金、铟锡氧化物、铟锡氧化物、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种;所述源极的材料为金属、合金、铟锡氧化物、铟锡氧化物、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种;所述漏极的材料为金属、合金、铟锡氧化物、铟锡氧化物、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种。

11. 如权利要求10所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述栅极的材料为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金;所述源极的材料为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金;所述漏极的材料为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金。

12. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述绝缘层设置于栅极与半导体层之间。

13. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极及漏极间隔设置于所述半导体层的表面。

14. 如权利要求1所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管

设置于一绝缘基板的表面,其中,所述半导体层设置于该绝缘基板的表面,所述源极及漏极间隔设置于所述半导体层的表面,所述绝缘层设置于该半导体层的表面,所述栅极设置于绝缘层的表面,所述栅极通过该绝缘层与源极、漏极及半导体层电绝缘。

15. 如权利要求 14 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极及漏极之间的半导体层形成一沟道区域,所述栅极对应该沟道区域设置于所述绝缘层的表面。

16. 如权利要求 14 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管在进行压力调控时,该压力垂直作用于栅极。

17. 如权利要求 1 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管设置于一绝缘基板的表面,其中,所述栅极设置于该绝缘基板的表面,所述绝缘层设置于该栅极的表面,所述半导体层设置于该绝缘层的表面,所述半导体层通过所述绝缘层与所述栅极电绝缘,所述源极和漏极间隔设置于该半导体层的表面,所述源极和漏极通过该绝缘层与栅极电绝缘。

18. 如权利要求 17 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极及漏极之间的半导体层形成一沟道区域,所述绝缘层对应该沟道区域设置于所述栅极的表面。

19. 如权利要求 17 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管在进行压力调控时,该压力垂直作用于半导体层。

20. 如权利要求 14 或 17 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述绝缘基板的材料为玻璃、陶瓷、金刚石、塑料。

21. 如权利要求 14 或 17 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极、漏极与栅极设置于半导体层的同一面。

22. 如权利要求 14 或 17 所述的压力调控薄膜晶体管,其特征在于,所述源极、漏极与栅极设置于所述半导体层的不同面,所述半导体层设置于所述源极、漏极与栅极之间。

23. 一种压力调控薄膜晶体管的使用方法,其包括以下步骤:

步骤一、提供一如权利要求 1 至 22 项中任一项所述的压力调控薄膜晶体管;

步骤二、在所述半导体层上施加一垂直于所述半导体层的压力,调节该压力,所述半导体层的带隙发生变化,从而使所述压力调控薄膜晶体管的开关比发生变化。

24. 一种压力感测装置,其包括:一压力产生单元、一压力感测单元以及一感测结果表示单元,其特征在于,所述压力感测单元包括一如权利要求 1 至 22 项中任一项所述的压力调控薄膜晶体管,所述压力产生单元与所述压力感测单元连接并使所产生的压力垂直作用于所述压力调控薄膜晶体管中半导体层上,所述感测结果表示单元与所述压力感测单元连接,用以收集所述压力感测单元因受到压力而产生的电流变化并转化为可观的信号。

25. 如权利要求 24 所述的压力感测装置,其特征在于,所述压力调控薄膜晶体管具有一受压部,所述压力产生单元与所述压力感测单元连接并使所产生的压力垂直作用于该受压部,进而通过该受压部使压力垂直作用于所述半导体层。

26. 如权利要求 24 所述的压力感测装置,其特征在于,所述压力产生单元可以是来自于固态、气态、液态或熔融态的物体所形成的压力。

压力调控薄膜晶体管及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种压力调控薄膜晶体管及其应用,尤其涉及一种基于碳纳米管复合材料的压力调控薄膜晶体管及其应用。

背景技术

[0002] 薄膜晶体管(Thin Film Transistor, TFT)是现代微电子技术中的一种关键性电子元件,目前已经被广泛应用于平板显示器等领域。薄膜晶体管主要包括基板,以及设置在基板上的栅极、绝缘层、半导体层、源极和漏极。其中,栅极通过绝缘层与半导体层间隔设置,源极和漏极间隔设置并与半导体层电连接。薄膜晶体管中的栅极、源极、漏极均为导电材料构成,该导电材料一般为金属或合金。当在栅极上施加电压时,与栅极通过绝缘层间隔设置的半导体层中会积累载流子,当载流子积累到一定程度,与半导体层电连接的源极和漏极之间将导通,从而有电流从源极流向漏极。然而,上述薄膜晶体管的各项参数(如源极与漏极之间的电流、栅极电容等)为固定值,具有参数不可调控的缺点,限制了其的广泛应用。

[0003] 颜黄苹等人(请参见颜黄苹等,MOS 场效应管压力微传感器. 传感器技术,20(5),2001)提出了压力调控的 MOS 场效应管,即, MOS 场效应管的参数(如源极与漏极之间的电流、栅极电容等)可通过压力调控。但是,颜黄苹等人提出的压力调控 MOS 场效应管中,源极与漏极之间的电流并不能被关断。而且,颜黄苹等人将栅极与氧化层分离形成的空气膜和氧化层作为两层绝缘层,进一步地,所述栅极需要用两个 PECVD 制作的 Si_3N_4 的小型薄膜绝缘层(化学薄膜)夹住,结构较复杂,并且在制备过程需要生长 Si_3N_4 ,制备工艺复杂且成本高。

发明内容

[0004] 有鉴于此,确有必要提供一种结构简单、制备工艺简单且成本低的压力调控薄膜晶体管及其应用。

[0005] 一种压力调控薄膜晶体管,其包括:一源极;一与该源极间隔设置的漏极;一半导体层,该半导体层与所述源极和漏极电连接;以及一栅极,该栅极通过一绝缘层与所述半导体层、源极及漏极绝缘设置;其中,所述半导体层为一有机复合材料层,该有机复合材料层包括一高分子基底以及分散在所述高分子基底中的多个碳纳米管,所述高分子基底的弹性模量为 0.1 兆帕至 10 兆帕,在所述半导体层上施加一垂直于所述半导体层的压力,该压力导致所述半导体层的带隙发生变化,从而使所述压力调控薄膜晶体管的开关比发生变化。

[0006] 一种压力调控薄膜晶体管的使用方法,其包括以下步骤:步骤一、提供一压力调控薄膜晶体管;步骤二、在所述半导体层上施加一垂直于所述半导体层的压力,调节该压力,所述半导体层的带隙发生变化,从而使所述压力调控薄膜晶体管的开关比发生变化。

[0007] 一种压力感测装置,其包括:一压力产生单元、一压力感测单元以及一感测结果表示单元,所述压力感测单元包括一压力调控薄膜晶体管,所述压力产生单元与所述压力感

测单元连接并使所产生的压力垂直作用于所述压力调控薄膜晶体管中半导体层上,所述感测结果表示单元与所述压力感测单元连接,用以收集所述压力感测单元因受到压力而产生的电流变化并转化为可观的信号。

[0008] 与现有技术相比较,本发明提供的压力调控薄膜晶体管具有以下优点:其一、制备过程中无需生长 Si_3N_4 ,制备工艺简单,成本低,适于大规模生产;其二、绝缘层的结构和材料比较单一,整体结构稳固、简单,生产率高,并且功能稳定,使用寿命长;其三、通过压力调控,半导体层的带隙发生变化,当半导体层为 P 型半导体同时栅极电压为正,以及半导体层为 N 型半导体同时栅极电压为负时,源极与漏极之间的电流可以被关断。

附图说明

[0009] 图 1 为本发明第一具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管的剖视结构示意图。

[0010] 图 2 为本发明第一具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管中半导体层的剖视结构示意图。

[0011] 图 3 为本发明第一具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管工作时的结构示意图。

[0012] 图 4 为本发明第一具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管中源极和漏极之间的电流随压力变化的趋势图。

[0013] 图 5 为本发明第二具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管的剖视结构示意图。

[0014] 图 6 为本发明第二具体实施例提供的压力调控薄膜晶体管中半导体层的剖视结构示意图。

[0015] 图 7 为本发明第三具体实施例提供的应用压力调控薄膜晶体管的压力感测装置的剖视结构示意图。

[0016] 主要元件符号说明

[0017]

压力调控薄膜晶体管	10, 20
绝缘基板	110, 210
半导体层	140, 240
高分子基底	142, 242
碳纳米管	144, 244
绝缘层	130, 230
源极	151, 251
漏极	152, 252
栅极	120, 220
沟道区域	156, 256
封装层	160
通道	170
流体	172
流动方向	I
压力方向	II

[0018] 如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[0019] 以下将结合附图及具体实施例对本发明提供的压力调控薄膜晶体管作进一步的详细说明。

[0020] 具体实施例一

[0021] 请一并参见图 1 和图 2, 本发明具体实施例一提供一种压力调控薄膜晶体管 10, 该压力调控薄膜晶体管 10 为顶栅型, 其包括一栅极 120、一绝缘层 130、一半导体层 140、一源极 151 以及一漏极 152, 并且, 该压力调控薄膜晶体管 10 设置于一绝缘基板 110 上, 所述半导体层 140 为一有机复合材料层, 该有机复合材料层包括一高分子基底 142 以及分散在所述高分子基底 142 中的多个碳纳米管 144, 所述高分子基底 142 的弹性模量为 0.1 兆帕至 10 兆帕。

[0022] 所述半导体层 140 设置于绝缘基板 110 表面; 源极 151 及漏极 152 间隔设置于半导体层 140 表面并与该半导体层 140 电连接, 且位于源极 151 及漏极 152 之间的半导体层形成一沟道区域 156; 绝缘层 130 设置于半导体层 140 表面; 栅极 120 设置于绝缘层 130 表面, 并通过该绝缘层 130 与源极 151、漏极 152 及半导体层 140 电绝缘, 且绝缘层 130 设置于栅极 120 与半导体层 140 之间。优选地, 栅极 120 可以对应沟道区域 156 设置于所述绝缘层 130 表面。

[0023] 可以理解, 所述源极 151 及漏极 152 可以间隔设置于该半导体层 140 的上表面位于绝缘层 130 与半导体层 140 之间, 此时, 源极 151、漏极 152 与栅极 120 设置于半导体层 140 的同一面, 形成一共面型压力调控薄膜晶体管。或者, 所述源极 151 及漏极 152 可以间隔设置于该半导体层 140 的下表面, 位于绝缘基板 110 与半导体层 140 之间, 此时, 源极 151、漏极 152 与栅极 120 设置于半导体层 140 的不同面, 半导体层 140 设置于源极 151、漏极 152 与栅极 120 之间, 形成一交错型压力调控薄膜晶体管。

[0024] 可以理解, 根据具体的形成工艺不同, 所述绝缘层 130 不必完全覆盖所述源极 151、漏极 152 及半导体层 140, 只要能确保半导体层 140 与相对设置的栅极 120, 以及栅极 120 与源极 151、漏极 152 均绝缘即可。如, 当所述源极 151 及漏极 152 设置于半导体层 140 上表面时, 所述绝缘层 130 可仅设置于源极 151 及漏极 152 之间, 只覆盖于半导体层 140 之上。

[0025] 所述绝缘基板 110 起支撑作用, 且绝缘基板 110 材料不限, 可选择为硅、石英、玻璃、陶瓷、金刚石等无机材料或塑料、树脂等高分子材料。本实施例中, 所述绝缘基板 110 的材料为硅。所述绝缘基板 110 用于对压力调控薄膜晶体管 10 提供支撑, 且多个压力调控薄膜晶体管 10 可按照预定规律或图形集成于同一绝缘基板 110 上, 形成压力调控薄膜晶体管面板, 或其它压力调控薄膜晶体管半导体器件。

[0026] 所述半导体层 140 为一有机复合材料层, 该有机复合材料层包括高分子基底 142 以及均匀分散在所述高分子基底 142 中的多个碳纳米管 144, 所述高分子基底的弹性模量为 0.1 兆帕至 10 兆帕。故, 该有机复合材料层具有很好的弹性, 即, 所述半导体层 140 具有很好的弹性。所述高分子基底 142 可以为聚二甲基硅氧烷 (PDMS)、聚氨酯 (PU)、聚丙烯酸酯、聚酯、丁苯橡胶、氟橡胶、硅橡胶等。本实施例中, 所述高分子基底 142 为聚二甲基硅氧烷, 聚二甲基硅氧烷的弹性模量为 500 千帕。所述碳纳米管 144 为单壁碳纳米管、双壁碳纳米管及多壁碳纳米管中的一种或多种。当所述碳纳米管 144 为单壁碳纳米管时, 其直径为 0.5 纳米至 50 纳米; 当所述碳纳米管 144 为双壁碳纳米管时, 其直径为 1 纳米至 50 纳米; 当所述碳纳米管 144 为多壁碳纳米管时, 其直径为 1 纳米至 200 纳米。优选地, 所述碳纳米管 144 为半导体性碳纳米管。所述半导体层 140 的长度为 1 微米至 100 微米, 宽度为 1 微

米至 1 毫米,厚度为 0.5 纳米至 100 微米。所述沟道区域 156 的长度为 1 微米至 100 微米,宽度为 1 微米至 1 毫米。本实施例中,所述半导体层 140 的长度为 50 微米,宽度为 300 微米,厚度为 1 微米。所述沟道区域 156 的长度为 40 微米,宽度为 300 微米。所述有机复合材料层为半导体性。所述有机复合材料层中,碳纳米管 144 占该有机复合材料层的质量百分含量为 0.1% 至 1%,本实施例中,所述碳纳米管 144 占该有机复合材料层的质量百分比含量为 0.5%。

[0027] 所述源极 151、漏极 152 及栅极 120 为一导电薄膜,该导电薄膜的材料可以为金属、合金、铟锡氧化物(ITO)、铋锡氧化物(ATO)、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种。具体地,所述栅极的材料可以为金属、合金、铟锡氧化物(ITO)、铋锡氧化物(ATO)、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种;所述源极的材料可以为金属、合金、铟锡氧化物(ITO)、铋锡氧化物(ATO)、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种;所述漏极的材料可以为金属、合金、铟锡氧化物(ITO)、铋锡氧化物(ATO)、导电银胶、导电聚合物、金属性碳纳米管层以及碳纳米管金属复合层或其任意组合中的一种。所述金属或合金材料可以为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金,具体地,所述栅极的材料可以为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金;所述源极的材料可以为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金;所述漏极的材料可以为铝、铜、钨、钼、金、铯、钡或其任意组合的合金。本实施例中,所述源极 151、漏极 152 及栅极 120 的材料为金属钡膜,厚度为 5 纳米。一般地,该源极 151 及漏极 152 的厚度为 0.5 纳米至 100 微米,源极 151 至漏极 152 之间的距离为 1 微米至 100 微米。

[0028] 绝缘层 130 的材料可以为氮化硅、氧化硅等无机材料或苯并环丁烯(BCB)、聚酯或丙烯酸树脂等高分子材料。根据绝缘层 130 的材料种类的不同,可以采用不同方法形成该绝缘层 130。具体地,当该绝缘层 130 的材料为氮化硅或氧化硅时,可以通过沉积的方法形成绝缘层 130。当该绝缘层 130 的材料为苯并环丁烯(BCB)、聚酯或丙烯酸树脂时,可以通过印刷涂附的方法形成绝缘层 130。根据具体的形成工艺不同,该绝缘层 130 不必完全覆盖上述源极 151、漏极 152 及半导体层 140,只要能保证半导体层 140、源极 151 和漏极 152 与相对设置的栅极 120 绝缘即可。绝缘层 130 的厚度为 0.1 纳米至 10 微米,优选地,绝缘层 130 的厚度为 50 纳米至 1 微米,本实施例中,绝缘层 130 的厚度为 500 纳米。

[0029] 请参见图 3,本实施例提供的压力调控薄膜晶体管 10 在使用时,在栅极 120 上施加一电压 V_g ,将源极 151 接地,并在漏极 152 上施加一电压 V_{ds} ,栅极电压 V_g 在半导体层 140 的沟道区域 156 中产生电场,并在沟道区域 156 表面处产生载流子。当 V_g 达到源极 151 和漏极 152 之间的开启电压时,源极 151 与漏极 152 之间的沟道区域 156 导通,从而会在源极 151 和漏极 152 之间产生电流,电流由源极 151 通过沟道区域 156 流向漏极 152,从而使得该压力调控薄膜晶体管 10 处于开启状态。当压力调控薄膜晶体管 10 处于开启状态并且未受外界压力时,半导体层 140 实际上具有很好的导电性,半导体层 140 的半导体性能很差。

[0030] 当压力调控薄膜晶体管 10 处于开启状态时,在所述栅极 120 上施加一垂直于所述栅极 120 的压力时,该压力会同样垂直作用于所述半导体层 140 上,所述半导体层 140 是由高分子基底 142 和分散于该弹性高分子中的碳纳米管 144 组成,因而所述半导体层 140 具有很好的弹性。当半导体层 140 的表面均匀受到一压力时,半导体层 140 发生形变致使半

导体层 140 中的碳纳米管 144 发生形变,从而使得碳纳米管 144 的带隙增大,进一步使得半导体层 140 的带隙增大,即,半导体层 140 的半导体性能增大,从而使压力调控薄膜晶体管 10 的开关比逐渐增大。若半导体层 140 为 P 型半导体,当栅极电压为正时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 可以被关断;当栅极电压为负时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 不能被关断,源极 151 和漏极 152 之间仍有电流 I_{DS} 通过;若半导体层 140 为 N 型半导体,当栅极电压为负时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 可以被关断;当栅极电压为正时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 不能被关断,源极 151 和漏极 152 之间仍有电流 I_{DS} 通过。所述半导体层 140 为 P 型半导体是指高分子基底 142 中的碳纳米管 144 没有进行过处理,没有经过处理的碳纳米管 144 由于氧气吸附的原因而呈现 P 型,致使所述半导体层 140 为 P 型半导体。所述半导体层 140 为 N 型半导体是指高分子基底 142 中的碳纳米管 144 经过化学掺杂等处理而呈现 N 型,致使所述半导体层 140 为 N 型半导体。本实施例中,先将碳纳米管 144 在聚乙烯亚胺(PEI)溶液中浸泡,然后取出该碳纳米管 144 并分散于高分子基底 142 中而形成 N 型半导体层 140。

[0031] 可以理解,当不存在外界压力时,压力调控薄膜晶体管 10 中源极 151 和漏极 152 之间的沟道区域 156 中有较大电流通过。当在半导体层 140 上施加一外界压力时,随着该压力的逐渐增大,半导体层 140 中碳纳米管 144 的形变量逐渐增大,所述碳纳米管 144 的带隙逐渐增大,半导体层 140 的带隙逐渐增大,压力调控薄膜晶体管 10 的开关比逐渐增大,此时,当半导体层 140 为 P 型半导体,栅极电压为正时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 可以被关断;当半导体层 140 为 N 型半导体,栅极电压为负时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 可以被关断。即,当半导体层 140 为 P 型半导体同时栅极电压为正,以及半导体层 140 为 N 型半导体同时栅极电压为负时,可通过调控压力使压力调控薄膜晶体管中源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 关断,从而使压力调控薄膜晶体管 10 可更加广泛地应用于电子领域。

[0032] 请一并参见图 4,图 4 为压力调控薄膜晶体管 10 中,半导体层 140 为 P 型半导体同时栅极电压为正,或者半导体层 140 为 N 型半导体同时栅极电压为负时,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 随压力变化的趋势图。从图 4 可以看出,压力调控薄膜晶体管 10 在进行压力调控时,随着所施加压力的增大,源极 151 和漏极 152 之间的电流 I_{DS} 逐渐减小直至变为零,所述压力为 10^5 帕至 10^7 帕。

[0033] 具体实施例二

[0034] 请一并参见图 5 和图 6,本发明具体实施例二提供一种压力调控薄膜晶体管 20,该压力调控薄膜晶体管 20 为底栅型,该压力调控薄膜晶体管 20 包括一栅极 220、一绝缘层 230、一半导体层 240、一源极 251 及一漏极 252,并且,该压力调控薄膜晶体管 20 设置于一绝缘基板 210 表面,所述半导体层 240 包括一高分子基底 242 以及分散在所述高分子基底 242 中的多个碳纳米管 244。

[0035] 本发明具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 的结构与具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 基本相同,其区别在于:(1)具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 为顶栅型,具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 为底栅型;(2)具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 在进行压力调控时,在栅极 120 上施加一垂直作用于栅极 120 的压力,该压力同样垂直作用于半导体层 140,具体实施例二提供的压力调控薄膜晶

体管 20 在进行压力调控时,直接在半导体层 240 上施加一垂直作用于半导体层 240 的压力。

[0036] 所述栅极 220 设置于该绝缘基板 210 表面,所述绝缘层 230 设置于栅极 220 表面,所述半导体层 240 设置于该绝缘层 230 表面,所述绝缘层 230 设置于栅极 220 与半导体层 240 之间;所述源极 251、漏极 252 间隔设置于该半导体层 240 表面,并通过该半导体层 240 电连接;所述半导体层 240 位于所述源极 251 和漏极 252 之间的区域形成一沟道区域 256。优选地,该栅极 220 可以与源极 251、漏极 252 之间的沟道区域 256 对应设置于绝缘基板 210 表面,且该栅极 220 通过该绝缘层 230 与源极 251、漏极 252 及半导体层 240 电绝缘。本技术方案具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 中,栅极 220、源极 251、漏极 252 及绝缘层 230 的材料与具体实施例一中压力调控薄膜晶体管 10 的栅极 120、源极 151、漏极 152 及绝缘层 130 的材料相同。具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 中,沟道区域 256、半导体层 240 的形状、面积与具体实施例一中压力调控薄膜晶体管 10 的沟道区域 156、半导体层 240 的形状、面积相同。

[0037] 所述源极 251 及漏极 252 可以设置于该半导体层 240 上表面,此时,源极 251、漏极 252 与栅极 220 设置于半导体层 240 的不同面,半导体层 240 设置于源极 251、漏极 252 与栅极 220 之间,形成一逆交错结构的压力调控薄膜晶体管。或者,所述源极 251 及漏极 252 也可以设置于该半导体层 240 下表面与绝缘层 230 之间,此时,源极 251、漏极 252 与栅极 220 设置于半导体层 240 的同一面,形成一逆共面结构的压力调控薄膜晶体管。

[0038] 具体实施例三

[0039] 本发明具体实施例三提供一应用具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 或具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 的压力感测装置。

[0040] 该压力感测装置包括一压力产生单元、一压力感测单元以及一感测结果表示单元,所述压力感测单元包括一压力调控薄膜晶体管 10 或压力调控薄膜晶体管 20,所述压力产生单元与所述压力感测单元连接并使所产生的压力垂直作用于所述压力调控薄膜晶体管 10 或压力调控薄膜晶体管 20 中半导体层 140 上,所述感测结果表示单元与所述压力感测单元连接,用以收集所述压力感测单元因受到压力而产生的电流变化并转化为可观的信号。

[0041] 可选择地,该压力调控薄膜晶体管 10 或压力调控薄膜晶体管 20 具有一受压部,所述压力产生单元与所述压力感测单元连接并使所产生的压力垂直作用于该受压部,进而通过该受压部使压力垂直作用于所述半导体层 140。所述压力产生单元可以是来自于固态、气态、液态或熔融态等各种形态物体所形成的压力,固态物体所形成的压力,比如,手指的按压、重物的按压、重物本身的重量等;气态物体所形成的压力,比如,气态环境的压力变化等;液态物体所形成的压力,比如,流体流动所形成的压力等;熔融态物体所形成压力,比如,熔融态金属的重量所形成的压力等。

[0042] 下面仅以利用液态所形成的压力来调控薄膜晶体管为例,具体说明压力感测装置的使用,其它利用固态、气态、熔融态等物体所形成的压力来调控薄膜晶体管与之类似,这里不再赘述。

[0043] 请参见图 7,图 7 是一应用具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 的压力感测装置的剖视结构示意图。该压力感测装置中的压力来自于流体所形成的压力。该压力感

测装置由具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10、封装层 160、通道 170 及通过通道 170 的流体 172 组成,所述压力调控薄膜晶体管 10 设置于通道 170 的外侧壁上,所述封装层 160 设置于压力调控薄膜晶体管 10 中栅极 120 与通道 170 外侧壁之间。I 为流体 172 的流动方向,II 为流体 172 的压力方向。所述通道 170 的材料不限,可以为高分子材料或金属等,比如,聚乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、钢等,只要可以使流体 172 通过的材料都可以制作为通道 170。所述封装层 160 为一可选择部分,所述封装层 160 可以确保所述栅极 120 与所述通道 170 之间电绝缘。所述封装层 160 的材料为柔性绝缘材料,如树脂或绝缘塑料等。本实施例中,所述封装层 160 的厚度为 200 纳米,材料为绝缘塑料。

[0044] 由于源极 151 和漏极 152 之间电流 I_{DS} 与流体 172 的压力有关,因此通过源极 151 和漏极 152 之间电流 I_{DS} 可以知道所施加的压力的大小。而压力与流体 172 的流速 v 的关系如下:

[0045]

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = Const$$

[0046] 其中,P 代表流体 172 的压强, ρ 代表流体 172 的密度,g 代表重力加速度,h 代表流体 172 的垂直高度, v 代表流体 172 的流速,Const 代表常量。

[0047] 因此,根据所施加压力的大小可以计算出流体 172 的流速 v 。即,根据源极 151 和漏极 152 之间电流 I_{DS} 可以计算出流体 172 的流速 v 。

[0048] 进一步地,当所述压力调控薄膜晶体管 10 被封装层 160 整体封装,也就是说,当压力调控薄膜晶体管 10 全部被封装层 160 包覆时,所述压力调控薄膜晶体管 10 可以设置于所述通道 170 的内侧壁上。其中,所述压力调控薄膜晶体管 10 中绝缘基板 110 紧贴通道 170 的内侧壁,所述封装层 160 确保压力调控薄膜晶体管 10 与流体 172 电绝缘。

[0049] 可以理解,应用具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 的压力感测装置与上述应用具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 的压力感测装置相类似,本领域技术人员根据上述应用具体实施例一提供的压力调控薄膜晶体管 10 的压力感测装置,可以明白如何应用具体实施例二提供的压力调控薄膜晶体管 20 的压力感测装置,这里不再赘述。

[0050] 所述压力感测装置可广泛应用于水塔、无塔供水、锅炉气压及水位的自动控制系统中。

[0051] 可以理解,本发明提供的压力调控薄膜晶体管 10 或压力调控薄膜晶体管 20 可广泛应用于各种电子设备的按键、开关设备、医疗仪器、调节器、流体自控器以及工业控制和监测设备等领域。

[0052] 与现有技术相比较,本发明提供的压力调控薄膜晶体管具有以下优点:其一、制备过程中无需生长 Si_3N_4 ,制备工艺简单,成本低,适于大规模生产;其二、绝缘层的结构和材料比较单一,整体结构稳固、简单,生产率高,并且功能稳定,使用寿命长;其三、本发明提供的压力调控薄膜晶体管可以将源极与漏极之间的电流关断;其四、仅含有一层绝缘层,相比于现有技术中的两层绝缘层,本发明的压力调控薄膜晶体管具有较薄的厚度;其五、当高分子基底作为绝缘层,半导体性碳纳米管作为半导体层时,由于所述绝缘层和半导体层均具有很好的柔性,提高了压力调控薄膜晶体管的柔韧性,因而,本发明提供的压力调控薄膜

晶体管可更好地应用于柔性的电子器件中。

[0053] 另外,本领域技术人员还可在本发明精神内作其它变化,当然这些依据本发明精神所作的变化,都应包含在本发明所要求保护的范围内。

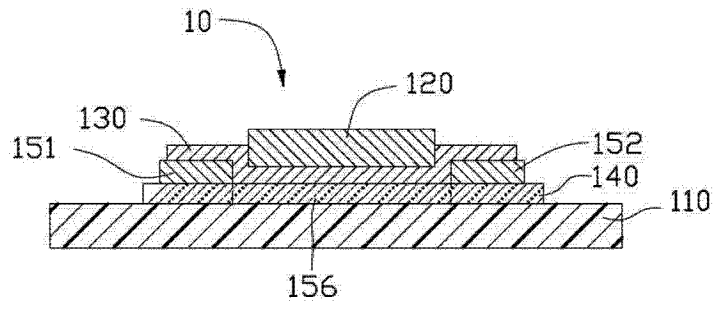


图 1

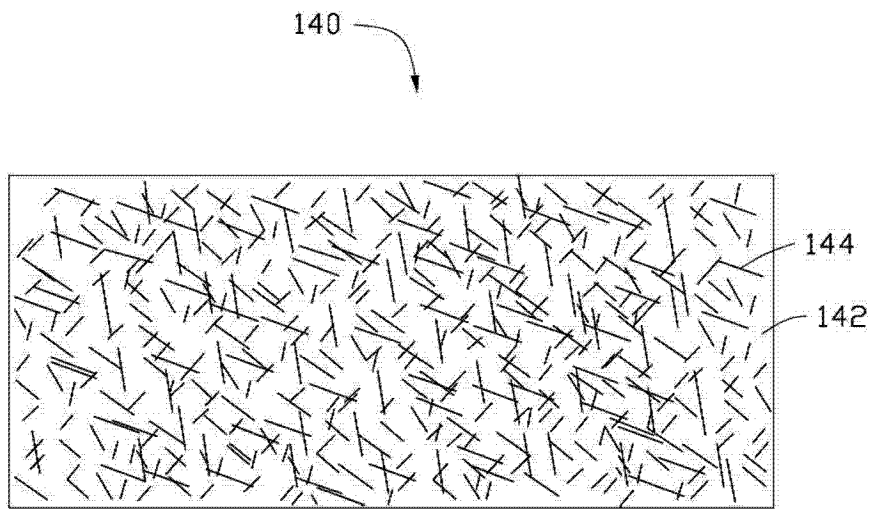


图 2

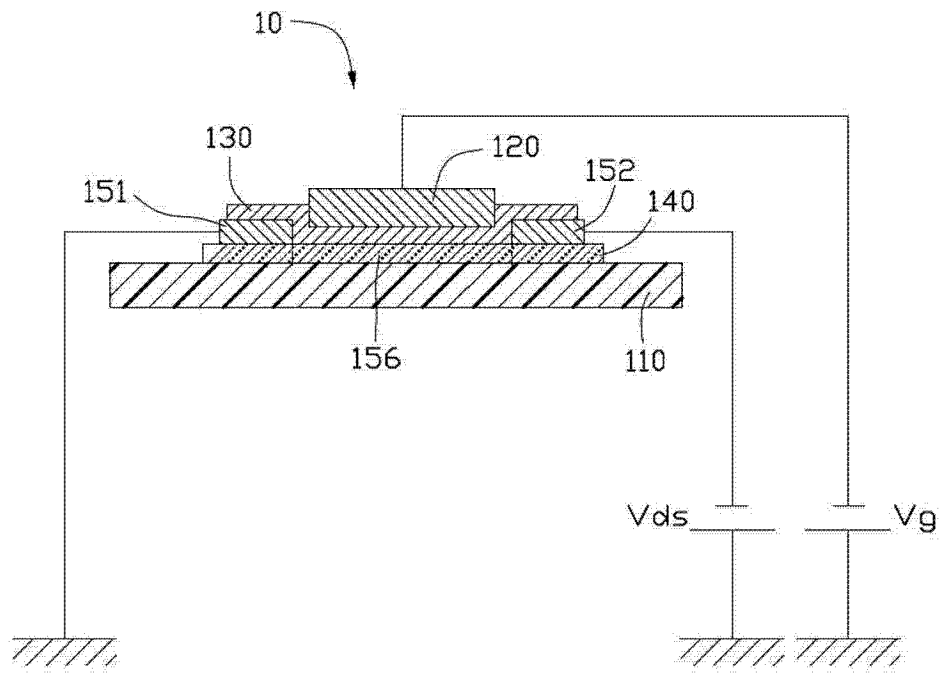


图 3

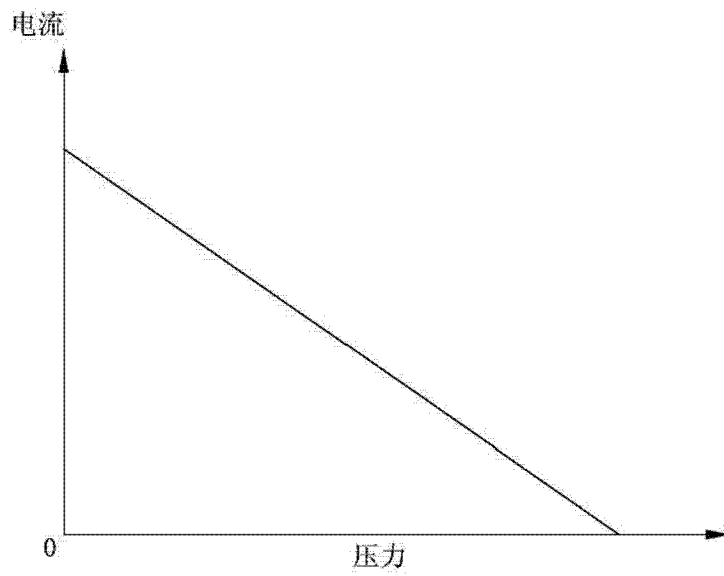


图 4

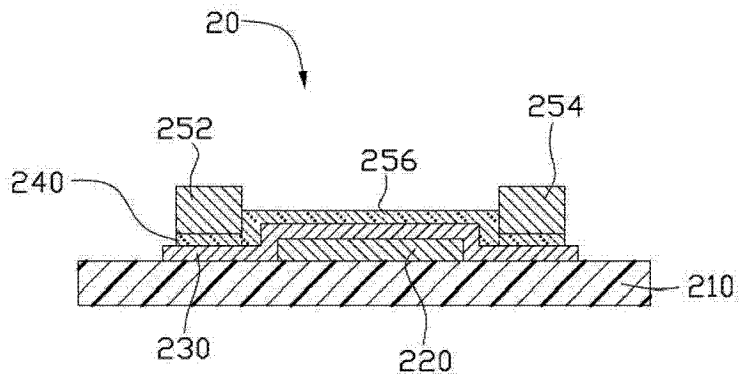


图 5

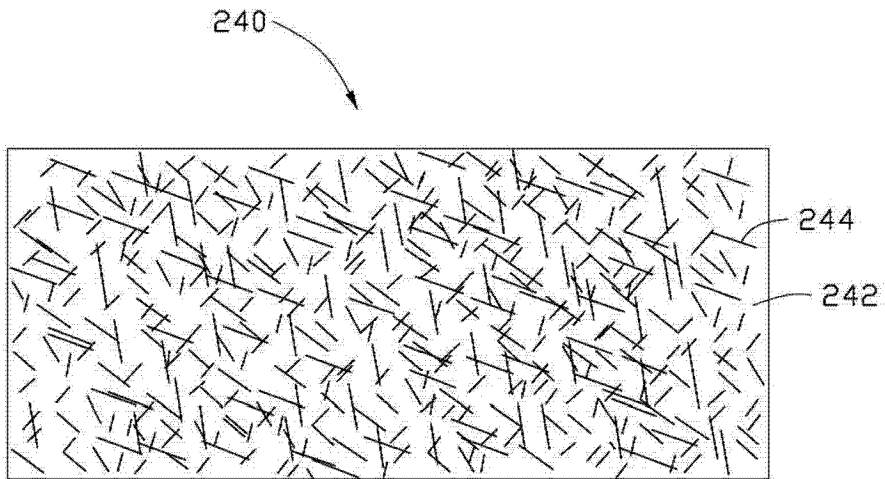


图 6

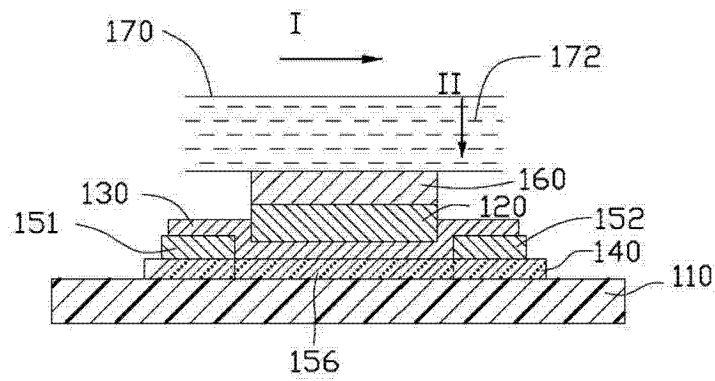


图 7