



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104795292 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201410024348.4

(22)申请日 2014.01.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104795292 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(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 柳鹏 李德杰 张春海 周段亮
杜秉初 范守善

(51)Int.Cl.
H01J 1/308(2006.01)
H01J 9/02(2006.01)
H01J 31/12(2006.01)

(56)对比文件

- CN 102280332 A, 2011.12.14,
- CN 1882204 A, 2006.12.20,
- CN 101714496 A, 2010.05.26,
- CN 1790587 A, 2006.06.21,
- CN 1412804 A, 2003.04.23,
- CN 1938808 A, 2007.03.28,
- US 2008203947 A1, 2008.08.28,
- KR 20100123143 A, 2010.11.24,
- CN 1423823 A, 2003.06.11,

审查员 邢玉良

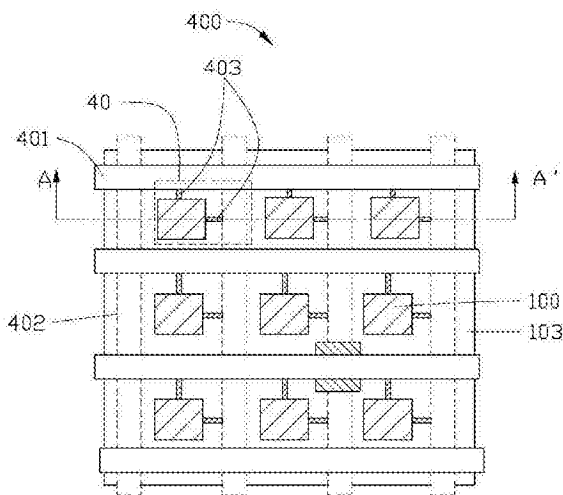
权利要求书2页 说明书13页 附图8页

(54)发明名称

电子发射装置、其制备方法及显示器

(57)摘要

本发明涉及一种电子发射装置,其包括多个间隔设置的电子发射单元,所述电子发射单元包括一第一电极、一绝缘层以及一第二电极,所述绝缘层层叠设置在所述第一电极和第二电极之间,所述第一电极为所述电子发射源的电子发射端,所述第一电极为一碳纳米管复合结构,该碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层及一半导体层复合层叠设置,所述半导体层位于所述碳纳米管层与所述绝缘层之间。本发明涉及一种电子发射装置的制备方法以及采用上述电子发射装置的显示器。



1. 一种电子发射装置,其包括多个间隔设置的电子发射单元,所述电子发射单元包括一第一电极、一绝缘层以及一第二电极,所述绝缘层层叠设置在所述第一电极和第二电极之间,所述第一电极为所述电子发射单元的电子发射端,所述第一电极为一碳纳米管复合结构,该碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层及一半导体层复合层叠设置,所述半导体层位于所述碳纳米管层与所述绝缘层之间,所述碳纳米管层包括多个碳纳米管,该半导体层包覆所述多个碳纳米管的部分表面,任意相邻的电子发射单元中的第一电极相互间隔,任意相邻的电子发射单元中的第二电极相互间隔。

2. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,所述电子发射单元呈点阵式排列成多行和多列。

3. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,相邻的两个电子发射单元的半导体层相互间隔设置。

4. 如权利要求3所述的电子发射装置,其特征在于,该多个电子发射单元中的绝缘层相互连接而形成一连续的层状结构。

5. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层具有一第一表面以及与所述第一表面相对的第二表面,所述半导体层仅复合设置于所述碳纳米管层的第二表面,该碳纳米管层的第一表面为所述电子发射单元的电子发射端。

6. 如权利要求5所述的电子发射装置,其特征在于,所述半导体层通过沉积的方法复合于所述碳纳米管层的第二表面。

7. 如权利要求5所述的电子发射装置,其特征在于,位于所述碳纳米管层第二表面的部分碳纳米管被所述半导体层包覆。

8. 如权利要求5所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层与所述半导体层的接触界面通过范德华力结合。

9. 如权利要求5所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层的第二表面具有多个微孔,所述半导体层渗透到所述碳纳米管层第二表面的多个微孔内与所述碳纳米管层复合。

10. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,所述多个碳纳米管通过范德华力相互连接,相互接触形成一自支撑结构。

11. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层包括碳纳米管膜、碳纳米管线、或两者组合。

12. 如权利要求11所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层包括一单层碳纳米管膜或多个层叠设置的碳纳米管膜。

13. 如权利要求11所述的电子发射装置,其特征在于,所述碳纳米管层包括多个平行设置的碳纳米管线、多个交叉设置的碳纳米管线或多个碳纳米管线任意排列组成的网状结构。

14. 如权利要求1所述的电子发射装置,其特征在于,还包括一电子收集层设置于所述半导体层与所述绝缘层之间。

15. 如权利要求14所述的电子发射装置,其特征在于,所述电子收集层的厚度为0.1纳米~10纳米。

16. 一种电子发射装置的制备方法,其包括以下步骤:

提供一基板,在所述基板的表面设置多个相互间隔的电极层;

在所述电极层远离所述基板的表面形成一连续的绝缘层;

提供一碳纳米管层,所述碳纳米管层具有一第一表面和与所述第一表面相对的一第二表面,且以所述碳纳米管层作为基底,在所述碳纳米管层的第二表面通过沉积的方法形成一半导体层得到一碳纳米管复合结构;

将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层远离所述电极层的表面,使得所述半导体层与所述绝缘层接触设置;以及

对所述碳纳米管复合结构进行图案化,形成多个电子发射区域,每一电子发射区域对应一下电极设置。

17.如权利要求16所述的电子发射装置的制备方法,其特征在于,所述在碳纳米管层的第二表面形成所述半导体层具体包括以下步骤:先将所述碳纳米管层部分悬空设置,然后采用磁控溅射法、热蒸发法、或电子束蒸发法进行沉积所述半导体层。

18.如权利要求16所述的电子发射装置的制备方法,其特征在于,所述在碳纳米管层的第二表面形成所述半导体层具体包括以下步骤:先在所述碳纳米管层的第一表面形成一保护层,然后在第二表面通过原子层沉积法形成所述半导体层,最后去除所述保护层。

19.如权利要求16所述的电子发射装置的制备方法,其特征在于,所述碳纳米管层具有多个微孔,所述半导体层沉积于所述多个微孔的内壁。

20.如权利要求16所述的电子发射装置的制备方法,其特征在于,在将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层之后,进一步包括对所述碳纳米管复合结构进行一溶剂处理的步骤,所述溶剂处理的步骤为:先向所述碳纳米管复合结构滴加一溶剂,然后加热使该溶剂蒸发。

21.如权利要求16所述的电子发射装置的制备方法,其特征在于,所述图案化碳纳米管复合层的方法为等离子刻蚀法、激光刻蚀法、或湿法刻蚀。

22.一种电子发射显示器,其包括:一基板,一设置于基板表面的电子发射装置,一阳极结构,所述阳极结构包括一阳极以及一荧光粉层,所述电子发射装置与所述荧光粉层相对且间隔设置,其特征在于,所述电子发射装置为采用上述权利要求1~15中的任意一项所述的电子发射装置。

电子发射装置、其制备方法及显示器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电子发射装置、其制备方法及显示器。

背景技术

[0002] 电子发射显示装置在各种真空电子学器件和设备中是不可缺少的部分。在显示技术领域,电子发射显示装置因其具有高亮度、高效率、大视角,功耗小以及体积小等优点,可广泛应用于汽车、家用视听电器、工业仪器等领域。

[0003] 通常,电子发射显示装置中采用的电子发射源有两种类型:热阴极电子发射源和冷阴极电子发射源。冷阴极电子发射源包括表面传导型电子发射源、场致电子发射源、金属-绝缘层-金属(MIM)型电子发射源等。

[0004] 在MIM型电子发射源的基础上,人们又发展了金属-绝缘层-半导体层-金属(MISM)型电子发射源。MISM型电子发射源的工作原理与MIM型电子发射源不相同,所述MIM型电子发射源的电子加速是在绝缘层中进行的,而MISM型电子发射源的电子加速是在半导体层中完成的。

[0005] MISM型电子发射源由于电子需要具有足够的平均动能才有可能穿过上电极而逸出至真空,而现有技术中的MISM型电子发射源中由于电子从半导体层进入上电极时需要克服的势垒往往比电子的平均动能高,因而造成电子发射率低。

发明内容

[0006] 有鉴于此,确有必要提供一种具有较高电子发射率的电子发射装置及显示器。

[0007] 一种电子发射装置,其包括多个间隔设置的电子发射单元,所述电子发射单元包括一第一电极、一绝缘层以及一第二电极,所述绝缘层层叠设置在所述第一电极和第二电极之间,所述第一电极为所述电子发射源的电子发射端,所述第一电极为一碳纳米管复合结构,该碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层及一半导体层复合层叠设置,所述半导体层位于所述碳纳米管层与所述绝缘层之间。

[0008] 一种电子发射装置的制备方法,其包括以下步骤:提供一基板,在所述基板的表面设置多个相互间隔的电极层;在所述电极层远离所述基板的表面形成一连续的绝缘层;提供一碳纳米管层,所述碳纳米管层具有一第一表面和与所述第一表面相对的一第二表面,且以所述碳纳米管层作为基底,在所述碳纳米管层的第二表面形成一半导体层得到一碳纳米管复合结构;将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层远离所述电极层的表面,使得所述半导体层与所述绝缘层接触设置;以及,对所述碳纳米管复合结构进行图案化,形成多个电子发射区域,每一电子发射区域对应一下电极设置。

[0009] 一种电子发射显示器,其包括:一基板,一设置于基板表面的电子发射装置,一阳极结构,所述阳极结构包括一阳极以及一荧光粉层,所述电子发射装置与所述荧光粉层相对且间隔设置,其中,所述电子发射装置为采用上述电子发射装置。

[0010] 与现有技术相比较,所述半导体层包覆所述多个碳纳米管的部分表面,述半导体

层与多个碳纳米管通过范德华力紧密连接,因而所述半导体层可快速的将电子加速,并传导至碳纳米管层,从而提高了所述电子发射装置的电子出射率;该制备方法中,由于该半导体层通过沉积的方法直接设置于所述碳纳米管层的第二表面,因而该半导体层可紧密的依附于所述碳纳米管层,并且得到的半导体层具有良好的结晶态,从而使得所述电子能够被所述半导体层迅速加速,提高了电子的出射率。

附图说明

- [0011] 图1是本发明第一实施例提供的电子发射源的剖视图。
 [0012] 图2是本发明碳纳米管膜的扫描电镜照片。
 [0013] 图3是本发明多层交叉设置的碳纳米管膜的扫描电镜照片。
 [0014] 图4是本发明非扭转的碳纳米管线的扫描电镜照片。
 [0015] 图5是本发明扭转的碳纳米管线的扫描电镜照片。
 [0016] 图6是本发明第一实施例提供的电子发射源的制备方法流程图。
 [0017] 图7为本发明第二实施例提供的电子发射源的剖视图。
 [0018] 图8为本发明第三实施例提供的电子发射装置的剖视图。
 [0019] 图9是本发明第三实施例提供的电子发射装置的俯视示意图。
 [0020] 图10是图9中电子发射单元沿A-A'线的剖视图。
 [0021] 图11是本发明第四实施例提供的电子发射显示器的剖视图。
 [0022] 图12为图11所述电子发射显示器的电子发射显示效果图。
 [0023] 图13为本发明第五实施例提供的电子发射装置的俯视示意图。
 [0024] 图14为图13所述电子发射装置沿B-B'线的剖视图。
 [0025] 图15为本发明第五实施例提供的电子发射显示器的剖视图。
 [0026] 主要元件符号说明
 [0027]

电子发射源	10, 20
碳纳米管复合结构	100
碳纳米管层	101
第一表面	1011
第二表面	1013
半导体层	102
绝缘层	103
下电极	104
下电极条	1040
基板	105
电子收集层	106
汇流电极	107
电子发射装置	300, 400, 600
电子发射单元	30, 40
电子发射模块	60

行电极	401
列电极	402
电极引线	403
场发射显示器	500,700
阳极结构	510
玻璃基底	512
阳极	514
荧光层	516
绝缘支撑体	518

[0028] 如下具体实施例将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图详细说明本发明实施例的电子发射源、电子发射装置及显示器。

[0030] 请参阅图1,本发明第一实施例提供一种电子发射源10,其包括:一第一电极100,一绝缘层103,以及一第二电极104。所述绝缘层103层叠设置在所述第一电极100和第二电极104之间。所述第一电极100为所述电子发射源10的电子发射端。

[0031] 进一步,所述电子发射源10可设置于一基板105的表面,且所述第二电极104设置于所述基板105的表面。所述基板105用于支撑所述电子发射源10。所述基板105的材料可选择为玻璃、石英、陶瓷、金刚石、硅片等硬性材料或塑料、树脂等柔性材料。本实施例中,所述基板105的材料为二氧化硅。

[0032] 所述绝缘层103设置于所述第二电极104的表面,所述第一电极100设置于所述绝缘层103远离所述第二电极104的表面。即,所述绝缘层103设置于所述第一电极100与第二电极104之间。

[0033] 所述第一电极100为一碳纳米管复合结构。所述碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层101以及一半导体层102复合层叠设置。进一步,所述碳纳米管层101包括多个碳纳米管,所述半导体层102包覆所述多个碳纳米管的部分表面。所述碳纳米管层101中的碳纳米管部分暴露。所述碳纳米管层101具有一第一表面1011以及与所述第一表面1011相对的第二表面1013。所述半导体层102设置于所述碳纳米管层101的第二表面1013。即,所述第二表面1013被所述半导体层102覆盖,而所述第一表面1011未被所述半导体层102覆盖,位于所述碳纳米管层101第一表面1011的碳纳米管暴露出来。所述半导体层102设置于所述碳纳米管层101及所述绝缘层103之间。所述第一表面1011作为所述电子发射源10电子出射的表面。具体的,所述半导体层102与靠近第二表面1013的多个碳纳米管通过范德华力紧密连接,此时,所述半导体层102具有良好的结晶性。所述碳纳米管复合结构在厚度方向上具有多个通孔1002,所述通孔1002由包覆于相邻的碳纳米管表面的半导体层102围成。可以理解,该多个通孔1002有利于电子的出射,从而提高所述电子发射源10的电子出射率。

[0034] 所述绝缘层103起到使所述碳纳米管复合结构与所述第二电极104相互绝缘的作用。所述半导体层102起到加速电子的作用,从而使得电子具有足够的速度和能量而从碳纳米管复合结构的表面逸出。当电子加速至所述半导体层102与所述碳纳米管层101之间的表面时,由于碳纳米管的逸出功较小,因而电子能较容易通过所述碳纳米管层101中的碳纳米

管而逸出至真空空间。

[0035] 所述碳纳米管层101为由多个碳纳米管组成的整体结构。所述碳纳米管层101中的碳纳米管可以为单壁碳纳米管、双壁碳纳米管或多壁碳纳米管中的一种或多种,其长度和直径可以根据需要选择。所述碳纳米管层101为一自支撑结构。所述自支撑是指碳纳米管层101不需要大面积的载体支撑,而只要相对两边提供支撑力即能整体上悬空而保持自身层状状态,即将该碳纳米管层101置于(或固定于)间隔一定距离设置的两个支撑体上时,位于两个支撑体之间的碳纳米管层101能够悬空保持自身层状状态。所述碳纳米管层101中的碳纳米管通过范德华力相互连接,相互接触形成自支撑结构。所述碳纳米管层101中多个碳纳米管相互连接形成一网络结构。

[0036] 所述碳纳米管层101具有多个微孔,该多个微孔从所述碳纳米管层101的厚度方向贯穿所述碳纳米管层101。所述微孔可为多个相邻的碳纳米管围成的空隙或者沿碳纳米管轴向延伸方向延伸呈条形的相邻碳纳米管之间的间隙。可以理解,所述半导体层102渗透到所述碳纳米管层101的第二表面1013的多个微孔内与所述碳纳米管层101复合,所述微孔包覆所述半导体层102后即所述碳纳米管复合结构的通孔1002。所述微孔为空隙时其孔径(平均孔径)范围为10纳米~300微米,所述微孔为空隙时其宽度(平均宽度)范围为10纳米~300微米。以下称为“所述微孔的尺寸”是指空隙或间隙宽度的尺寸范围。所述碳纳米管层101中所述空隙和间隙可以同时存在并且两者尺寸可以在上述尺寸范围内不同。所述微孔的尺寸为10纳米~300微米,比如10纳米、1微米、10微米、100微米或200微米等。本实施例中,所述多个微孔在所述碳纳米管层101中均匀分布。

[0037] 所述碳纳米管层101具有如前所述的微孔的图形效果的前提下,所述碳纳米管层101中的多个碳纳米管的排列方向(轴向延伸方向)可以是无序、无规则,比如过滤形成的碳纳米管过滤膜,或者碳纳米管之间相互缠绕形成的碳纳米管絮状膜等。所述碳纳米管层101中多个碳纳米管的排列方式也可以是有秩序的、有规则的。例如,所述碳纳米管层101中多个碳纳米管的轴向均相互平行且基本沿同一方向延伸;或者,所述碳纳米管层101中多个碳纳米管的轴向可有规律性地基本沿两个以上方向延伸。为了容易获得较好的图形效果或者从透光性等角度考虑,本实施例中优选的,所述碳纳米管层101中多个碳纳米管沿着基本平行于碳纳米管层101表面的方向延伸。

[0038] 所述碳纳米管层101可以由多个碳纳米管组成的纯碳纳米管结构。即,所述碳纳米管层101在整个形成过程中无需任何化学修饰或酸化处理,不含有任何羧基等官能团修饰。具体地,所述碳纳米管层101可以包括碳纳米管膜、碳纳米管线或上述两者任意的组合。具体地,所述碳纳米管层101可以为单层碳纳米管膜或多个层叠设置的碳纳米管膜。所述碳纳米管层101可包括多个平行设置的碳纳米管线、多个交叉设置的碳纳米管线或多个碳纳米管线任意排列组成的网状结构。所述碳纳米管层101可以为至少一层碳纳米管膜和设置在该碳纳米管膜表面的碳纳米管线的组合结构。

[0039] 请参阅图2,当所述碳纳米管层101为一单层碳纳米管膜时,所述碳纳米管膜中相邻的碳纳米管之间存在空隙或间隙从而构成微孔。请参阅图3,当所述碳纳米管层101包括层叠设置的多层碳纳米管膜时,相邻两层碳纳米管膜中的碳纳米管的延伸方向形成一交叉角度 α ,且 α 大于等于0度小于等于90度($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)。当相邻两层碳纳米管膜中的碳纳米管的延伸方向形成的交叉角度 α 为0度时,每一层碳纳米管膜中沿碳纳米管轴向延伸方向延伸

呈条形的相邻碳纳米管之间存在间隙。相邻两层碳纳米管膜中的所述间隙可以重叠或不重叠从而构成微孔。所述微孔为间隙时其宽度(平均宽度)范围为10纳米~300微米。当相邻两层碳纳米管膜中的碳纳米管的延伸方向形成的交叉角度 α 大于0度小于等于90度($0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$)时,每一层碳纳米管膜中多个相邻的碳纳米管围成空隙。相邻两层碳纳米管膜中的所述空隙可以重叠或不重叠从而构成微孔。当所述碳纳米管层101为多个层叠设置的碳纳米管膜时,碳纳米管膜的层数不宜太多,优选地,为2层~10层。

[0040] 当所述碳纳米管层101为多个平行设置的碳纳米管线时,相邻两个碳纳米管线之间的空间构成所述碳纳米管层101的微孔。相邻两个碳纳米管线之间的间隙长度可以等于碳纳米管线的长度。通过控制碳纳米管膜的层数或碳纳米管长线之间的距离,可以控制碳纳米管层101中微孔的尺寸。当所述碳纳米管层101为多个交叉设置的碳纳米管线时,相互交叉的碳纳米管线之间存在空隙从而构成微孔。当所述碳纳米管层101为多个碳纳米管线任意排列组成的网状结构时,碳纳米管线之间存在微孔或间隙从而构成微孔空隙。

[0041] 当碳纳米管层101为至少一层碳纳米管膜和设置在该碳纳米管膜表面的碳纳米管线的组合结构时,碳纳米管与碳纳米管之间存在微孔或间隙从而构成空隙。可以理解,碳纳米管线和碳纳米管膜以任意角度交叉设置。

[0042] 所述碳纳米管膜及碳纳米管线是由若干碳纳米管组成的自支撑结构。所述自支撑主要通过碳纳米管膜(或碳纳米管线)中多数碳纳米管之间通过范德华力相连而实现。所述若干碳纳米管为沿同一方向择优取向延伸。所述择优取向是指在碳纳米管膜中大多数碳纳米管的整体延伸方向基本朝同一方向。而且,所述大多数碳纳米管的整体延伸方向基本平行于碳纳米管膜的表面。

[0043] 所述碳纳米管膜包括多个连续且定向延伸的碳纳米管片段。该多个碳纳米管片段通过范德华力首尾相连。每一碳纳米管片段包括多个相互平行的碳纳米管,该多个相互平行的碳纳米管通过范德华力紧密结合。该碳纳米管片段具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。所述碳纳米管膜可通过从一碳纳米管阵列中选定部分碳纳米管后直接拉取获得。所述碳纳米管膜的厚度为10纳米~100微米,宽度与拉取出该碳纳米管膜的碳纳米管阵列的尺寸有关,长度不限。优选地,所述碳纳米管膜的厚度为100纳米~10微米。该碳纳米管膜中的碳纳米管沿同一方向择优取向延伸。所述碳纳米管膜及其制备方法具体请参见申请人于2007年2月9日申请的,于2010年5月26日公告的第CN101239712B号中国公告专利“碳纳米管膜结构及其制备方法”。为节省篇幅,仅引用于此,但上述申请所有技术揭露也应视为本发明申请技术揭露的一部分。

[0044] 所述碳纳米管线可以为非扭转的碳纳米管线或扭转的碳纳米管线。所述非扭转的碳纳米管线与扭转的碳纳米管线均为自支撑结构。具体地,请参阅图4,该非扭转的碳纳米管线包括多个沿平行于该非扭转的碳纳米管线长度方向延伸的碳纳米管。具体地,该非扭转的碳纳米管线包括多个碳纳米管片段,该多个碳纳米管片段通过范德华力首尾相连,每一碳纳米管片段包括多个相互平行并通过范德华力紧密结合的碳纳米管。该碳纳米管片段具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。该非扭转的碳纳米管线长度不限,直径为0.5纳米~100微米。非扭转的碳纳米管线为将所述碳纳米管膜通过有机溶剂处理得到。具体地,将有机溶剂浸润所述碳纳米管膜的整个表面,在挥发性有机溶剂挥发时产生的表面张力的作用下,碳纳米管膜中的相互平行的多个碳纳米管通过范德华力紧密结合,从而使碳纳米管膜

收缩为一非扭转的碳纳米管线。该有机溶剂为挥发性有机溶剂,如乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷或氯仿,本实施例中采用乙醇。通过有机溶剂处理的非扭转的碳纳米管线与未经有机溶剂处理的碳纳米管膜相比,比表面积减小,粘性降低。

[0045] 所述扭转的碳纳米管线为采用一机械力将所述碳纳米管膜两端沿相反方向扭转获得。请参阅图5,该扭转的碳纳米管线包括多个绕该扭转的碳纳米管轴向螺旋延伸的碳纳米管。具体地,该扭转的碳纳米管线包括多个碳纳米管片段,该多个碳纳米管片段通过范德华力首尾相连,每一碳纳米管片段包括多个相互平行并通过范德华力紧密结合的碳纳米管。该碳纳米管片段具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。该扭转的碳纳米管线长度不限,直径为0.5纳米~100微米。进一步地,可采用一挥发性有机溶剂处理该扭转的碳纳米管线。在挥发性有机溶剂挥发时产生的表面张力的作用下,处理后的扭转的碳纳米管线中相邻的碳纳米管通过范德华力紧密结合,使扭转的碳纳米管线的比表面积减小,密度及强度增大。

[0046] 所述碳纳米管线及其制备方法请参见申请人于2002年9月16日申请的,于2008年8月20日公告的第CN100411979C号中国公告专利“一种碳纳米管绳及其制备方法”,申请人:清华大学,鸿富锦精密工业(深圳)有限公司,以及于2005年12月16日申请的,于2009年6月17日公告的第CN100500556C号中国公告专利“碳纳米管丝及其制作方法”,申请人:清华大学,鸿富锦精密工业(深圳)有限公司。

[0047] 本实施例中,所述碳纳米管层101由多个碳纳米管组成,具体的所述碳纳米管层101为两层交叉设置的碳纳米管拉膜,所述碳纳米管拉膜为从碳纳米管阵列拉取得到,所述碳纳米管拉膜的厚度为5纳米~50纳米。

[0048] 所述半导体层102仅复合于所述碳纳米管层101的第二表面,并与第二表面1013的多个碳纳米管通过范德华力紧密结合。所述半导体层102与所述碳纳米管层101为一一体结构。所述一体结构是指所述半导体层102包覆所述碳纳米管层101中的多个碳纳米管的部分表面而与所述多个碳纳米管紧密结合以形成一整体结构。

[0049] 所述半导体层102的材料可为半导体体材料,如硫化锌,氧化锌,氧化镁,硫化镁,硫化镉,硒化镉,或硒化锌等。所述半导体层102的厚度为3纳米~100纳米。本实施例中,所述半导体层102的材料为硫化锌,厚度为50纳米。

[0050] 所述绝缘层103的材料为氧化铝、氮化硅、氧化硅、氧化钽等硬性材料或苯并环丁烯(BCB)、聚酯或丙烯酸树脂等柔性材料。该绝缘层103的厚度为50纳米~100微米。本实施例中,所述绝缘层103的材料为氧化钽,厚度为100纳米。

[0051] 所述第二电极104为一导电金属薄膜。所述第二电极104的材料为铜、银、铁、钴、镍、铬、钼、钨、钛、锆、铪、钒、铌、钽、铝、镁或金属合金。所述第二电极104的厚度为10纳米~100微米,优选为10纳米~50纳米。本实施例中,所述第二电极104为钼金属薄膜,厚度为100纳米。可以理解,所述第二电极104的材料还可为碳纳米管或石墨烯。

[0052] 该电子发射源10在交流驱动模式下工作,其工作原理为:负半周时,第二电极104的电势较高,所述碳纳米管层101中的电子注入到半导体层102,并在所述半导体层102与绝缘层103相接触的表面而形成界面态;正半周时,由于碳纳米管层101的电势较高,该存储在界面态上的电子被拉至半导体层102,所述半导体层102对电子进行加速,由于所述半导体层102与所述碳纳米管层101形成一复合结构,所述半导体层102与所述碳纳米管层101紧密结合,因而所述半导体层102中的一部分能量高的电子可迅速穿过碳纳米管层101逸出而成

为发射电子。

[0053] 请参阅图6,本发明第一实施例提供一种电子发射源10的制备方法,该制备方法如下:

[0054] S11,提供一基板105,在所述基板105的表面设置一第二电极104;

[0055] S12,在所述第二电极104远离所述基板105的表面设置一绝缘层103;

[0056] S13,提供一碳纳米管层101,所述碳纳米管层101具有一第一表面1011和与所述第一表面1011相对的一第二表面1013,且以所述碳纳米管层101作为基底,在所述碳纳米管层101的第二表面1013形成一半导体层102得到一碳纳米管复合结构;以及

[0057] S14,将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层103远离所述第二电极104的表面,使得所述半导体层102与所述绝缘层103接触设置。

[0058] 在步骤S11中,所述基板105的形状不限,优选地,所述基板105为一长条状长方体。基板105的材料为玻璃、陶瓷、二氧化硅等绝缘材料。本实施例中,所述基板105为一二氧化硅基板。

[0059] 所述第二电极104的制备方法可为磁控溅射法、气相沉积法、或原子层沉积法等方法。本实施例中,采用气相沉积法形成钼金属膜作为第二电极104,所述第二电极104的厚度为100纳米。

[0060] 在步骤S12中,所述绝缘层103的制备方法可为磁控溅射法、气相沉积法、或原子层沉积法等方法。本实施例中,采用原子层沉积法形成氧化钽作为绝缘层103,所述绝缘层103的厚度为100纳米。

[0061] 在步骤S13中,所述碳纳米管层101可为碳纳米管线、碳纳米管膜或者两者结合。所述碳纳米管层101中的多个碳纳米管形成一网状结构。所述碳纳米管层101具有多个均匀分布的微孔。所述多个微孔由所述第一表面1011向所述第二表面1013贯穿。

[0062] 所述在碳纳米管层101的第二表面1013形成所述半导体层102的方法可为磁控溅射法、热蒸发法、或电子束蒸发法等手段。为方便在整个沉积过程中保证所述碳纳米管层101的整体结构基本不变,可先将所述碳纳米管层101部分悬空设置,然后进行沉积所述半导体层102。由于沉积过程中采用的反应源与所述碳纳米管层101的第二表面1013相对,因而,仅在所述第二表面1013形成所述半导体层102,而在所述第一表面1011基本不形成所述半导体层102。

[0063] 可以理解,所述在碳纳米管层101的第二表面1013沉积所述半导体层102的方法可为原子层沉积法等手段。此时,可先在所述碳纳米管层101的第一表面1011形成一保护层,然后在第二表面1013沉积形成所述半导体层102,最后去除所述保护层。所述保护层可为硅水化合物(HSQ)或聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等有机化合物。所述保护层使所述第一表面1011不被所述半导体层102覆盖。所述保护层可通过一有机溶剂如氯烷去除。需要指出的是,所述碳纳米管层101在沉积所述半导体层102的过程中其整体结构不发生改变。

[0064] 由于所述碳纳米管层101为多孔结构,因而所述半导体层102也可沉积于所述多个微孔的内壁。此时,可以理解,所述微孔并未完全被所述半导体层102堵住,而仍可形成多个通孔1002。

[0065] 在步骤S14中,将所述碳纳米管复合结构直接倒扣设置于所述绝缘层103的表面。由于所述半导体层102与所述绝缘层103之间通过范德华力连接,因而所述半导体层102与

所述绝缘层103紧密接触。可以理解,将所述碳纳米管复合结构直接倒扣设置于所述绝缘层103的表面之后,可进一步对所述碳纳米管复合结构进行一热压或者一溶剂处理的步骤,而使得所述半导体层102紧密设置于所述绝缘层103。所述溶剂处理的步骤为先向所述碳纳米管复合结构滴加一溶剂,然后加热使该溶剂蒸发。

[0066] 当向所述碳纳米管复合结构的表面滴加溶剂,所述溶剂会浸润所述半导体层102,软化所述碳纳米管复合结构,并将所述半导体层102与所述绝缘层103之间的空气排出。当所述溶剂被去除后,所述半导体层102与所述绝缘层103的表面形成紧密的接触。

[0067] 所述溶剂可为水、有机溶剂等。所述有机溶剂为挥发性有机溶剂,如乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷及氯仿。本实施例中,所述溶剂为乙醇,通过将所述乙醇滴加于所述碳纳米管复合结构的表面,然后自然风干,使得所述半导体层102紧密贴附于所述绝缘层103。

[0068] 所述电子发射源10的制备方法具有以下优点:由于该半导体层102通过沉积的方法直接设置于所述碳纳米管层101的第二表面1013,因而该半导体层102可紧密的依附于所述碳纳米管层101而形成所述碳纳米管复合结构,并且得到的半导体层102具有良好的结晶态,从而使得所述电子能够被所述半导体层102迅速加速,提高了电子的出射率。

[0069] 请参阅图7,本发明第二实施例提供一种电子发射源20,其包括:依次层叠设置的一第一电极100,一电子收集层106,一绝缘层103,以及一第二电极104。所述电子发射源20设置于一基板105的表面。所述第一电极100为所述电子发射源20的电子发射端。所述第一电极100为一碳纳米管复合结构。

[0070] 所述电子发射源20的结构与所述第一实施例提供的电子发射源10的结构基本相同,不同之处在于,在所述第一电极100与所述绝缘层103之间设置有所述电子收集层106。具体的,所述电子收集层106设置于所述绝缘层103远离第二电极104的表面。所述半导体层102与所述电子收集层106接触设置。即,所述电子收集层106设置于所述绝缘层103与半导体层102之间。所述电子收集层106起到收集并储存电子的作用,从而电子更加容易加速至所述半导体层102,提高了电子发射源10的电子出射率。

[0071] 所述电子收集层106分别与所述半导体层102及绝缘层103接触设置。所述电子收集层106为一不连续的层状结构,以避免其与所述第一电极100发生短路现象。所述不连续的层状结构是指该电子收集层106包括多个导电区块或颗粒,至少部分相邻的导电区块或颗粒之间间隔设置。所述电子收集层106的材料为导电材料。该导电材料可为金、铂、钨、钼、钨、钨、钨等金属或金属合金,也可为碳纳米管或石墨烯,或碳纳米管与上述金属形成的复合材料等。所述电子收集层106的厚度范围为半个原子层的厚度至50个原子层的厚度。具体的所述电子收集层106的厚度为0.1纳米~10纳米。当采用金属或金属合金材料时,所述电子收集层106的厚度小于2纳米,以保证所述电子收集层106为不连续的层状结构

[0072] 所述电子收集层106可为一碳纳米管结构。该碳纳米管结构与所述碳纳米管层101的结构相同,在此不再赘述。

[0073] 所述电子收集层106可为一石墨烯膜。所述石墨烯膜包括至少一层石墨烯,优选的,该石墨烯膜由单层石墨烯组成。当石墨烯膜包括多层石墨烯时,该多层石墨烯层叠设置或共面设置组成一膜状结构,该石墨烯膜的厚度为0.34纳米~100微米,比如1纳米、10纳米、200纳米,1微米或10微米,优选为0.34纳米至10纳米。当石墨烯膜为单层石墨烯时,所述石墨烯为一连续的单层碳原子层,该石墨烯为由多个碳原子通过 sp^2 键杂化构成的单层的二

维平面六边形密排点阵结构,此时,所述石墨烯膜的厚度为单个碳原子的直径。由于所述石墨烯膜具有良好的导电性,因而电子较容易被收集,而进一步被加速至所述半导体层102。

[0074] 所述石墨烯膜可通过先制备石墨烯膜或石墨烯粉末再转移至所述绝缘基底的表面。所述石墨烯粉末转移至所述绝缘基底的表面后呈一膜状。所述石墨烯膜可以通过化学气相沉积(CVD)法、机械剥离法、静电沉积法、碳化硅(SiC)热解法、外延生长法等方法制备。所述石墨烯粉末可以通过液相剥离法、插层剥离法、剖开碳纳米管法、溶剂热法、有机合成法等方法制备。

[0075] 本实施例中,所述电子收集层106为一碳纳米管拉膜,该碳纳米管拉膜包括多个碳纳米管沿同一方向排列,所述碳纳米管拉膜的厚度为5纳米~50纳米。

[0076] 进一步,可在所述碳纳米管层101的第一表面1011设置一对汇流电极107。该两个汇流电极107相对且间隔设置。所述汇流电极107为一条形电极。具体的,所述两个汇流电极107间隔设置于所述碳纳米管层101的两端。所述汇流电极107的延伸方向垂直于所述多个碳纳米管的延伸方向,以实现电流在所述碳纳米管层101的表面分布均匀。本实施例中,该两个汇流电极107设置于所述碳纳米管层101的两端。该两个汇流电极107与外部电路(图未示)电连接,以使得所述碳纳米管层101中的电流分布均匀。

[0077] 所述汇流电极107的材料为金、铂、钨、钼、钨等金属或金属合金。本实施例中,所述汇流电极107为长条形的铂电极。

[0078] 请参阅图8,本发明第三实施例提供一种电子发射装置300,其包括多个间隔设置的电子发射单元30,所述电子发射单元30包括依次层叠设置的一第一电极100,一绝缘层103以及一第二电极104。其中,所述第一电极100为一碳纳米管复合结构,所述碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层101及设置于所述碳纳米管层101的表面的半导体层102。该多个电子发射单元30中的绝缘层103相互连接而形成一连续的层状结构。该电子发射装置400设置于一基板105的表面。

[0079] 所述电子发射单元30的结构与上述第一实施例提供的电子发射源10之不同之处在于,该多个电子发射单元30中的绝缘层103相互连接而成连续的层状结构,即该多个电子发射单元30共用一个连续的绝缘层103。相邻的两个电子发射单元30中的碳纳米管复合结构相互间隔。相邻的两个电子发射单元30中的第二电极104也相互间隔。因而,该多个电子发射单元30相互独立。

[0080] 所述多个碳纳米管复合结构呈多行多列排布,多个第二电极104呈多行多列排布。所述相邻的两个碳纳米管复合结构相互间隔的距离不限。所述相邻的两个第二电极104相互间隔的距离不限,只要保证该相邻的两个电子发射单元30相互独立即可。本实施例中,所述相邻的两个碳纳米管复合结构的间距为200纳米,相邻的两个第二电极104的间距为200纳米。

[0081] 由于所述多个电子发射单元30共用一个连续的绝缘层103,因而可方便的一次性形成绝缘层103,有利于工业化应用。

[0082] 本发明第三实施例还提供一种电子发射装置300的制备方法,其包括以下步骤:

[0083] S21,提供一基板105,在所述基板105的表面设置多个相互间隔的第二电极104;

[0084] S22,在所述多个第二电极104的表面形成一连续的绝缘层103;

[0085] S23,提供一碳纳米管层101,所述碳纳米管层101包括一第一表面1011和与所述第一表面1011相对的一第二表面1013,且以碳纳米管层101为基底,在所述碳纳米管层101的第二表面1013形成一半导体层102得到一碳纳米管复合结构;

[0086] S24,将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层103远离所述第二电极104的表面,使得所述半导体层102与所述绝缘层103接触设置;以及

[0087] S25,对所述碳纳米管复合结构进行图案化,形成多个电子发射区域,每一电子发射区域对应一第二电极104设置。

[0088] 所述电子发射装置400的制备方法与所述电子发射源20的制备方法基本相同,不同之处在于,步骤S21的形成多个相互间隔的第二电极104,以及步骤S25中图案化碳纳米管复合结构。

[0089] 在步骤S21中,所述形成多个相互间隔的第二电极104的方法可以为丝网印刷法、磁控溅射法、气相沉积法、原子层沉积法等。本实施例中,采用气相沉积法形成多个第二电极104,具体步骤如下:

[0090] 首先,提供一掩模,所述掩模包括多个开孔;

[0091] 其次,在所述开孔的位置采用气相沉积法形成多个导电薄膜;

[0092] 最后,去除所述掩模。

[0093] 所述掩模的材料可为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)或硅水化合物(HSQ)等高分子材料。所述掩模的开孔的大小与位置与所述第二电极104的面积以及该多个电子发射单元30的分布有关。本实施例中,所述第二电极104的材料为钼导电薄膜,所述第二电极104的数目为16个,所述电子发射单元30的数目也为16个。

[0094] 在步骤S25中,所述图案化碳纳米管复合结构的方法除了与所述碳纳米管有关之外,还与所述半导体层102的材料有关。具体的,所述图案化碳纳米管复合结构的方法可为等离子刻蚀法、激光刻蚀法、湿法刻蚀等。具体的,每一个电子发射单元30的电子通过碳纳米管层101的第一表面1011发射电子,每一个电子发射单元30具有一电子发射区域,在所述碳纳米管复合结构形成的电子发射区域的图案与所述第二电极104的图案相对应,即,形成的每一个电子发射单元30包括一个碳纳米管层101,一个半导体层102,以及一个第二电极104。虽然形成的多个电子发射单元30共用一个绝缘层103,但由于碳纳米管层101,半导体层102,以及第二电极104相互间隔,从而形成的多个电子发射单元30相互独立工作,而不发生相互干扰。

[0095] 请一并参阅图9及图10,本发明第四实施例提供一种电子发射装置400,其包括间隔设置的多个电子发射单元40,多个行电极401以及多个列电极402。所述电子发射单元40包括一第一电极100、一绝缘层103以及一第二电极104,所述绝缘层103层叠设置在所述第一电极100和第二电极104之间,所述第一电极100为所述电子发射源20的电子发射端。其中,所述第一电极100为一碳纳米管复合结构,所述碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层101及一半导体层102复合层叠设置。所述半导体层102位于所述碳纳米管层101与所述绝缘层103之间。该多个电子发射单元40中的绝缘层103相互连接而形成一连续的层状结构。相邻的两个电子发射单元40的半导体层102相互间隔设置。

[0096] 该电子发射装置400设置于一基板105的表面。所述多个行电极401设置于所述绝缘层103的表面,所述多个列电极402设置于所述基板105的表面。所述电子发射单元40呈点

阵式排列成多行和多列。任意相邻的电子发射单元40中的第一电极100相互间隔,任意相邻的电子发射单元40中的第二电极104相互间隔。

[0097] 所述电子发射单元40的结构与上述第三实施例提供的电子发射单元30之不同之处在于,进一步设置有多个行电极401以及多个列电极402。所述多个行电极401相互间隔,所述多个列电极402相互间隔。所述多个行电极401与多个列电极402相互交叉设置,并通过所述绝缘层103相互绝缘。第二电极每相邻两个行电极401与每相邻两个列电极402形成一网格。该网格用于容置所述电子发射单元40,且每一网格对应设置有一个电子发射单元40。每个网格中,电子发射单元40分别与行电极401及列电极402电连接,以提供电子发射单元40正常发射电子所需的电压。具体地,所述多个行电极401以及多个列电极402通过一电极引线403分别与所述碳纳米管层101及第二电极104电连接。所述列电极402与所述电极引线403形成良好的电接触。所述多个电子发射单元40呈点阵式排列成多行和多列。设置在同一行的多个电子发射单元40中每个电子发射单元40的碳纳米管层101均与同一个行电极401电连接;设置在同一列的多个电子发射单元40中每个电子发射单元40的第二电极104均与同一个列电极402电连接。

[0098] 本实施例中,每个网格均设置有一个电子发射单元40。所述多个行电极401相互平行且相邻两个行电极401之间间距相等,所述多个列电极402相互平行且相邻两个列电极402之间间距相等,且所述行电极401与列电极402垂直设置。

[0099] 请参阅图11,本发明第四实施例还提供一种场发射显示器500,其包括:一基板105,一设置于基板105表面的多个电子发射单元40,一阳极结构510。所述电子发射单元40与所述阳极结构510相对且间隔设置。

[0100] 所述阳极结构510包括一玻璃基底512,设置于该玻璃基底512的阳极514及涂覆于该阳极514的荧光粉层516。所述电子发射单元40面向所述荧光粉层516设置。所述阳极结构510通过一绝缘支撑体518与基板105封接。所述阳极514可为氧化铟锡薄膜。

[0101] 所述场发射显示器500在应用时,分别施加不同电压给碳纳米管层101、第二电极104和阳极514。一般情况下,第二电极104为接地或零电压,碳纳米管层101的电压为几十伏。阳极514的电压为几百伏。电子发射单元40中的碳纳米管层101的表面所发出的电子在电场作用下,向阳极514的方向运动,最终到达阳极结构510,轰击涂覆于阳极514上的荧光粉层516,发出荧光,实现场发射显示器500的显示功能。请参阅图12,为所述场发射显示器500工作时的显示图像。从图中可以看到,该场发射显示器500的发射电子较均匀,并发光强度较好。

[0102] 请一并参阅图13及图14,本发明第五实施例提供一种电子发射装置600,其包括多个条形第一电极1000以及多个条形第二电极1040交叉且间隔设置。所述条形第一电极1000相互间隔并沿一第一方向延伸,所述多个条形第二电极1040相互间隔并沿一第二方向延伸,位于交叉位置处的条形第一电极1000与条形第二电极1040之间设置一绝缘层103。所述第一方向X与第二方向Y形成一夹角 α ,其中, $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。所述条形第一电极1000为一碳纳米管复合结构,所述碳纳米管复合结构包括一碳纳米管层101及一半导体层102复合层叠设置。所述半导体层102设置于所述碳纳米管层101与所述绝缘层103之间。

[0103] 所述电子发射装置600与所述第三实施例提供的电子发射装置400的结构基本相同,不同之处在于,多个沿第一方向X延伸的条形第一电极1000以及多个沿第二方向Y延伸

的条形第二电极1040。所述多个条形第一电极1000以及多个条形第二电极1040呈行列排布。由于所述第一方向X与第二方向Y形成夹角 α , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$, 因而, 所述条形第一电极1000与条形第二电极1040相互交叉并部分重叠。当条形第一电极1000与条形第二电极1040存在足够的电势差时, 在所述条形第一电极1000的碳纳米管层101与条形第二电极1040重叠的区域发射出电子。换句话说, 将所述条形第一电极1000与条形第二电极1040交叉重叠形成一电子发射单元60。每一电子发射单元60包括层叠设置的碳纳米管层101、半导体层102、一绝缘层103以及一第二电极104。每一电子发射单元60独立发射电子, 所述电子发射装置600为多个电子发射单元60的集合体。该在第一方向X上的多个电子发射单元60共用一条形第一电极1000, 该在第二方向Y上的多个电子发射单元60共用一条形第二电极1040。

[0104] 该多个电子发射单元60的多个绝缘层103连续形成一层状结构, 即该多个电子发射单元60可共用一绝缘层103。可以理解, 该电子发射装置600中所述绝缘层103可被图案化, 使多个电子发射单元60中部分共用绝缘层103, 如同一条形第一电极1000对应的多个电子发射单元60共用一绝缘层103, 或同一条形第二电极1040对应的多个电子发射单元60共用一绝缘层103。或者, 也可使多个电子发射单元60中每个电子发射单元60的绝缘层103相互间隔设置。本实施例中, 所述多个电子发射单元60共用一绝缘层103。因而, 制备所述电子发射装置600时较方便形成所述绝缘层103, 而易于产业化。

[0105] 所述电子发射装置600在工作时, 分别施加不同电压给碳纳米管层101、条形第二电极1040和阳极514。一般情况下, 条形第二电极1040为接地或零电压, 碳纳米管层101的电压为几十伏至几百伏。由于碳纳米管层101与条形第二电极1040呈阵列排布并相互交叉重叠, 在碳纳米管层101与条形第二电极1040之间形成一电场, 在电场作用下, 电子穿过半导体层102从碳纳米管层101的表面射出来。

[0106] 本发明第五实施例还提供一种电子发射装置600的制备方法, 其包括以下步骤:

[0107] S31, 提供一基板105, 在所述基板105的表面沿一第一方向X形成多个相互间隔的条形第二电极1040;

[0108] S32, 在所述多个条形第二电极1040的表面形成一连续的绝缘层103;

[0109] S33, 提供一碳纳米管层101, 所述碳纳米管层101包括一第一表面1011和与所述第一表面1011相对的一第二表面1013, 且以所述碳纳米管层101为基底, 在所述碳纳米管层101的第二表面1013形成一半导体层102得到一碳纳米管复合结构;

[0110] S34, 将所述碳纳米管复合结构设置于所述绝缘层103远离所述条形第二电极1040的表面, 使得所述半导体层102与所述绝缘层103接触设置; 以及

[0111] S35, 对所述碳纳米管复合结构进行图案化, 沿一第二方向Y形成多个相互间隔的条形第一电极1000, 该第一方向X与第二方向Y相互垂直。

[0112] 所述电子发射装置600的制备方法与所述电子发射装置300的制备方法基本相同, 不同之处在于, 步骤S31的沿一第一方向X形成多个相互间隔的条形第二电极1040以及步骤S35的沿一第二方向Y形成多个的相互间隔的条形第一电极1000。

[0113] 所述碳纳米管复合结构为一条形结构, 其沿第一方向X延伸, 并在第二方向Y上相互间隔排列。所述条形第二电极1040为一条形电极, 其沿第二方向Y延伸, 并在第一方向X上相互间隔排列。所述图案化碳纳米管复合结构的方法与第三实施例中图案化碳纳米管复合结构的方法基本相同, 不同之处在于, 所述掩模包括多个条形开孔。该多个条形开孔形成的

图案与所述条形第一电极1000的图案一致。

[0114] 可以理解,还可包括一对绝缘层103进行图案化的步骤,以使所述绝缘层103的图案与所述碳纳米管复合结构的图案相同。所述图案化绝缘层103的方法可为等离子刻蚀法、激光刻蚀法、湿法刻蚀等。

[0115] 请参阅图15,本发明第五实施例还提供一种场发射显示器700,其包括:一基板105,一设置于基板105表面的电子发射装置600,一阳极结构510。所述电子发射装置600与所述阳极结构510相对且间隔设置。

[0116] 所述场发射显示器700与第四实施例提供的场发射显示器500的结构基本相同,不同之处在于,第一方向X上的多个碳纳米管复合结构相互连接而形成一条形的碳纳米管复合结构,第二方向Y上的多个第二电极104相互连接而形成多个条形第二电极1040。

[0117] 当所述场发射显示器700在应用时,分别施加不同电压给碳纳米管层101、条形第二电极1040和阳极514。一般情况下,条形第二电极1040为接地或零电压,碳纳米管层101的电压为几十伏。阳极514的电压为几百伏。碳纳米管层101的有效发射区域1012所发出的电子在电场作用下,向阳极514的方向运动,最终到达阳极结构510,轰击涂覆于阳极514上的荧光粉层516,发出荧光,实现场发射显示器700的显示功能。

[0118] 另外,本领域技术人员还可在本发明精神内做其他变化,当然,这些依据本发明精神所做的变化,都应包含在本发明所要求保护的范围之内。

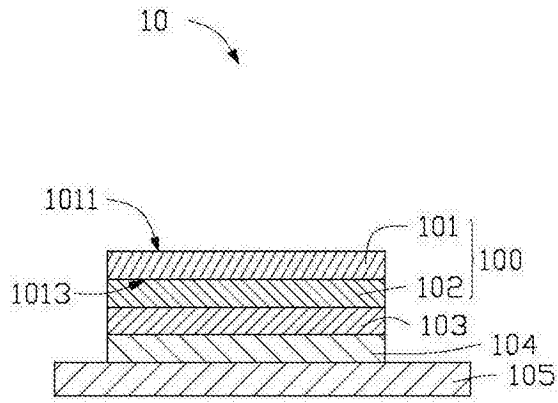


图1

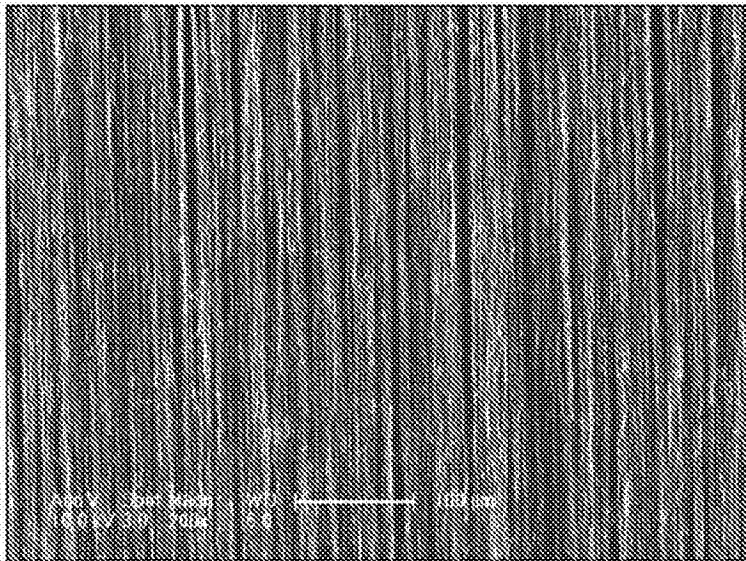


图2

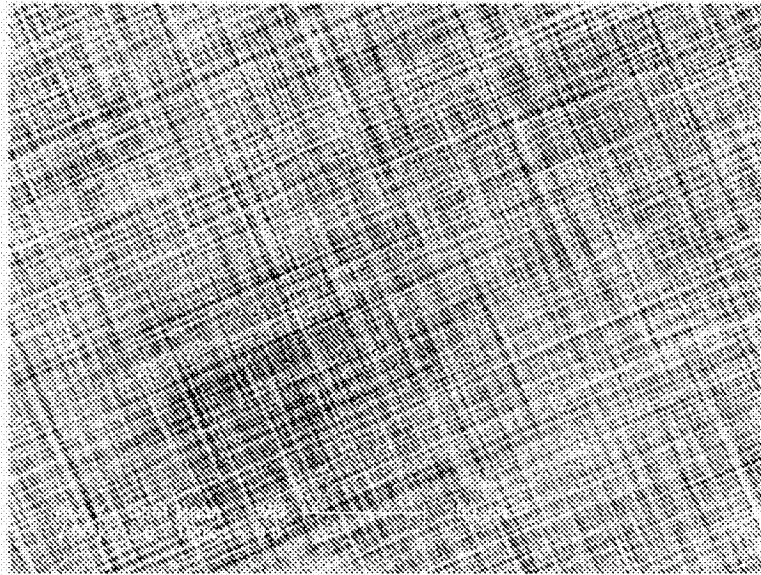


图3

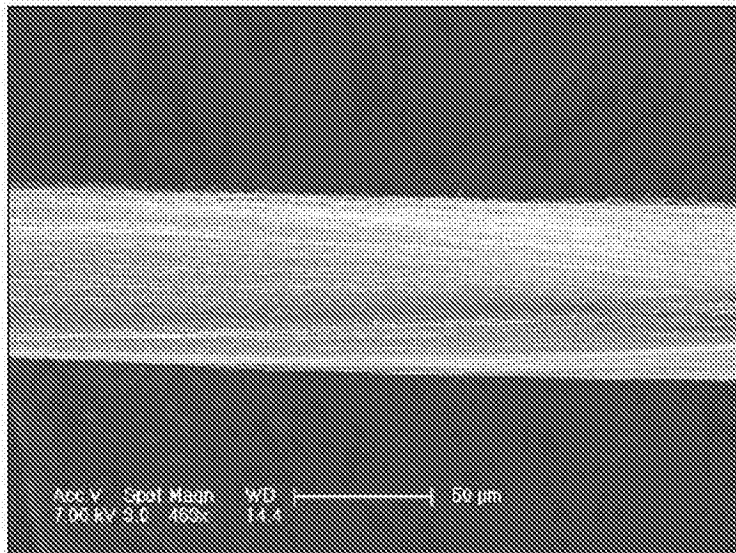


图4

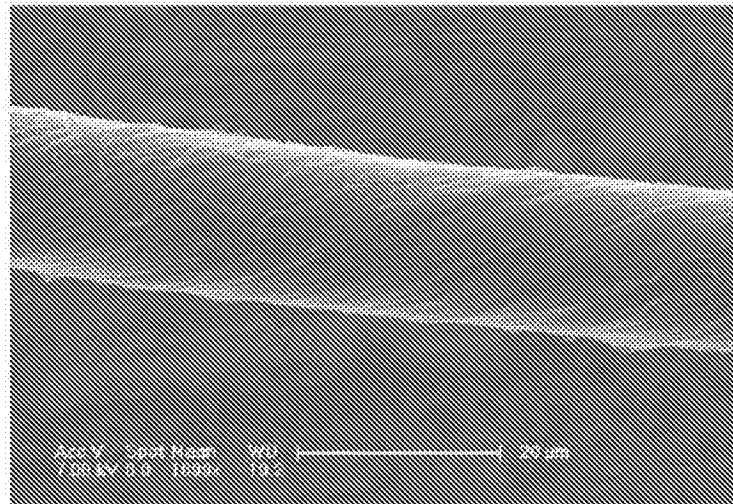


图5

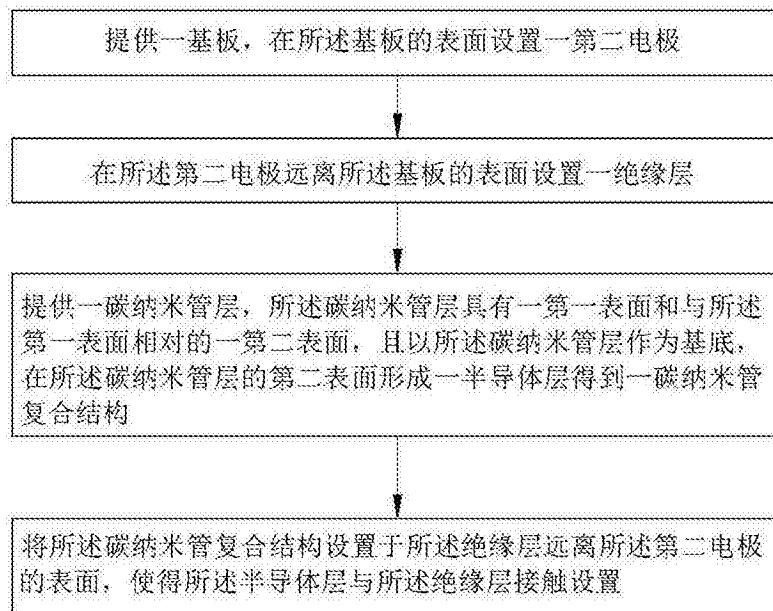


图6

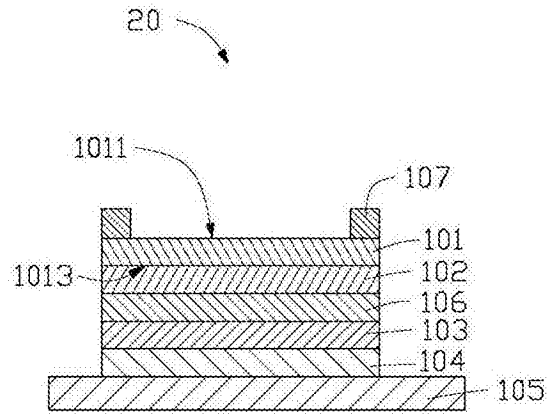


图7

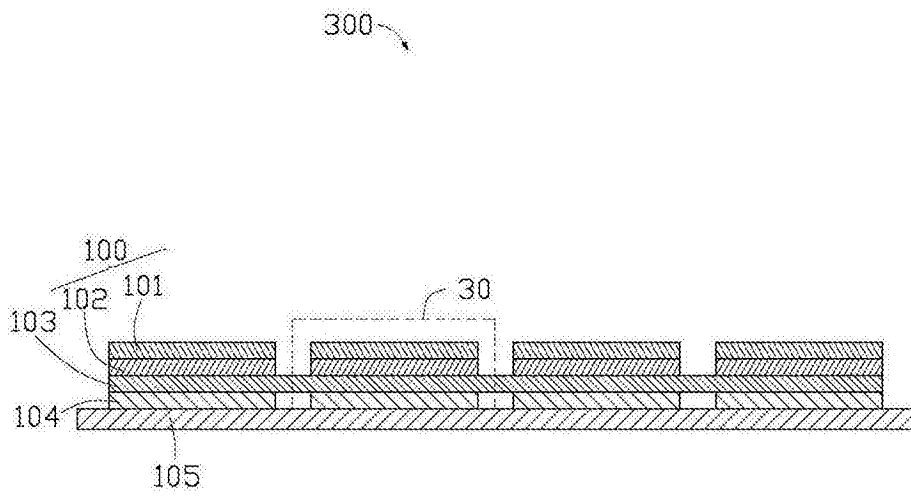


图8

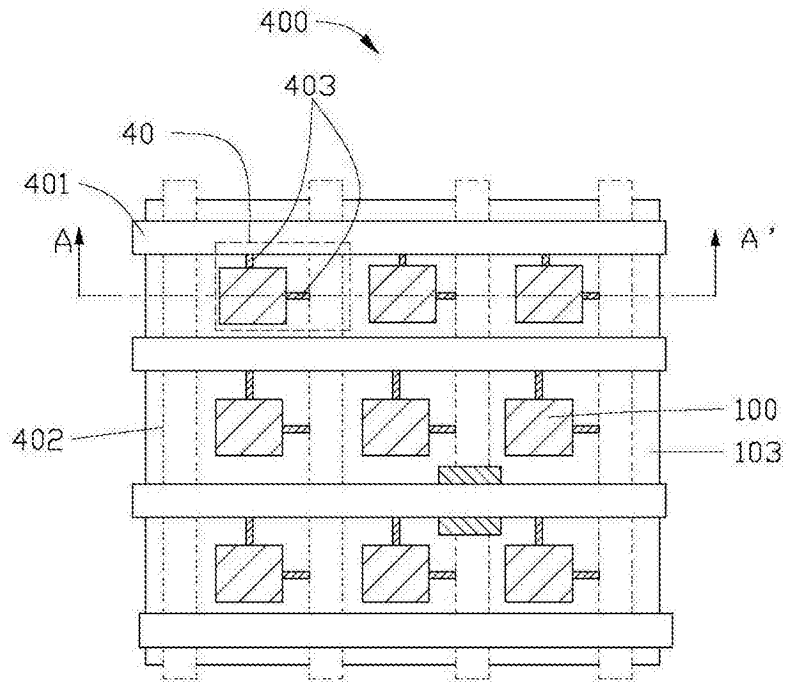


图9

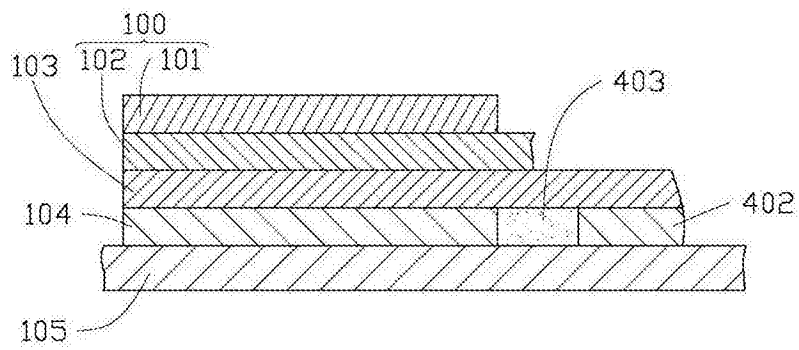
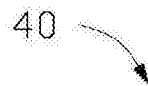


图10

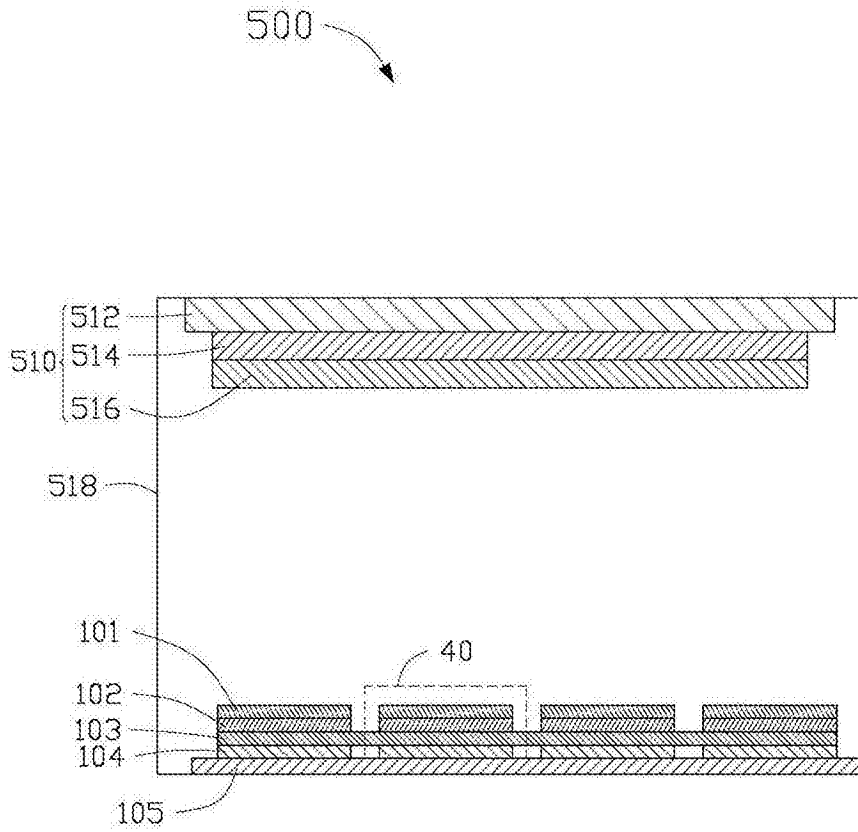


图11

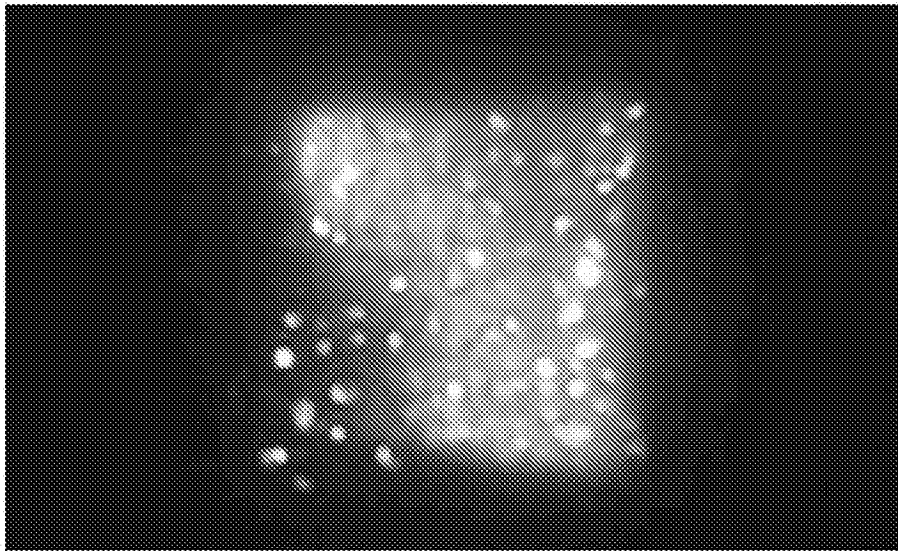


图12

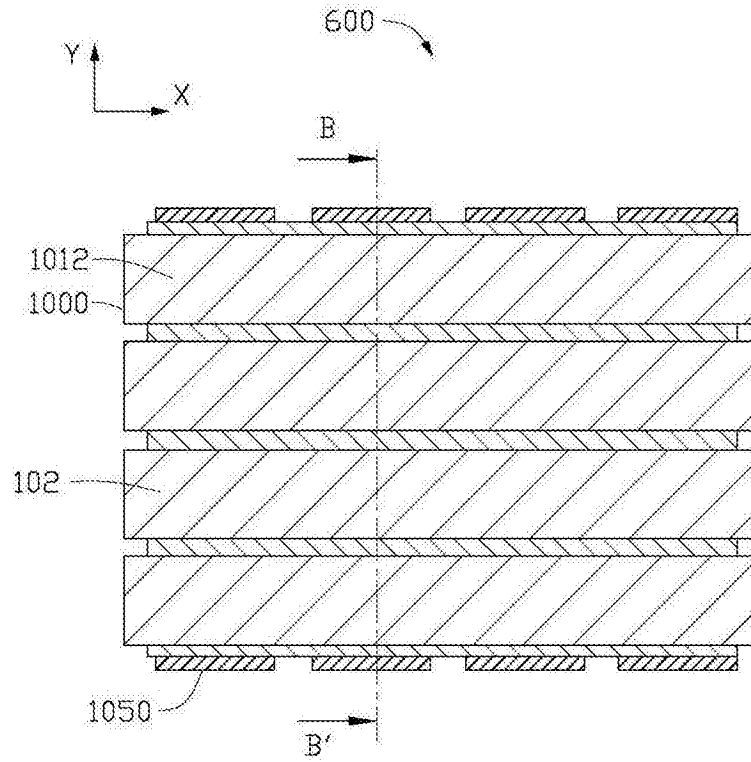


图13

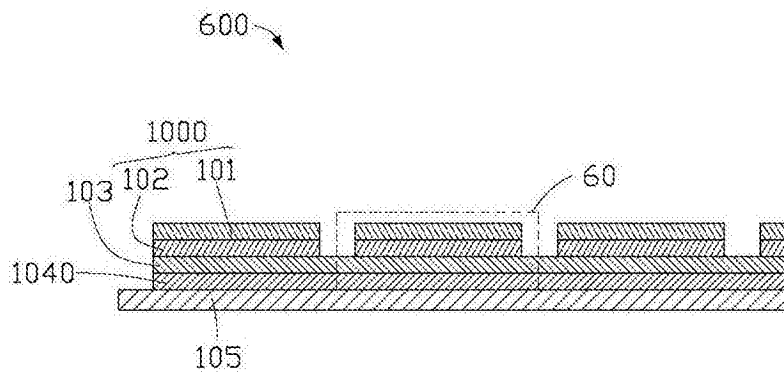


图14

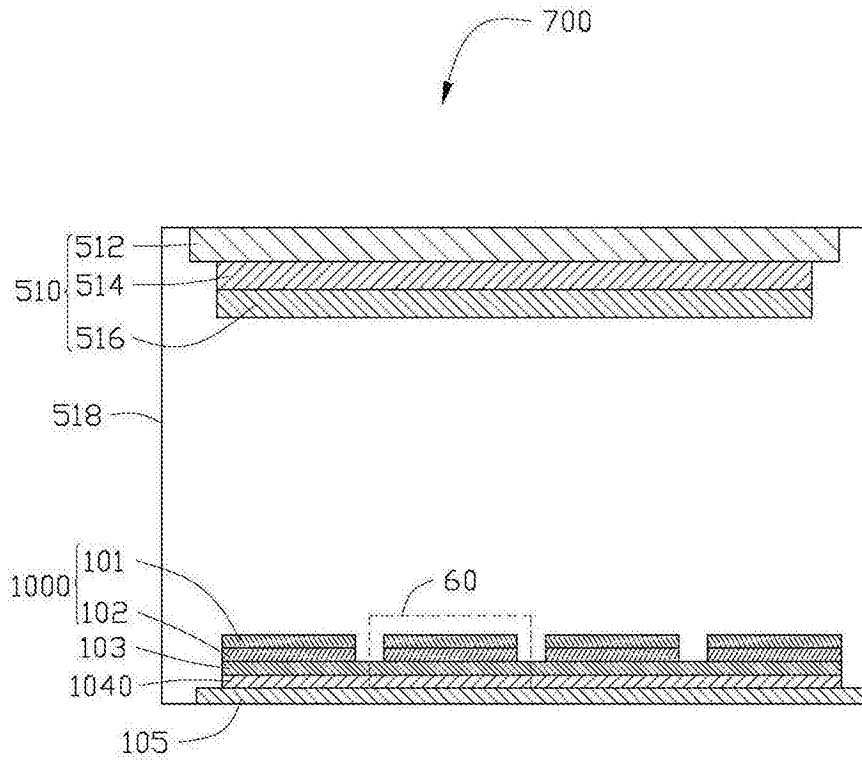


图15