



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102013376 B

(45) 授权公告日 2013.02.13

(21) 申请号 201010564731.0

审查员 刘军

(22) 申请日 2010.11.29

(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 魏洋 范守善

(51) Int. Cl.

H01J 29/04 (2006.01)

H01J 31/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1988108 A, 2007.06.27,

CN 101425435 A, 2009.05.06,

CN 101097829 A, 2008.01.02,

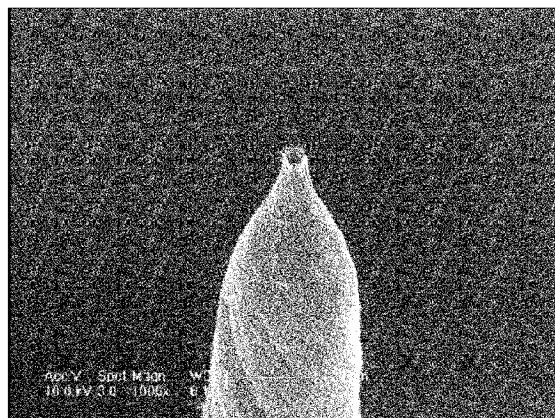
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 13 页

(54) 发明名称

场发射单元及场发射像素管

(57) 摘要

本发明涉及一种场发射单元及场发射像素管,所述场发射像素管包括一壳体以及至少一场发射单元,所述至少一场发射单元置于壳体内,所述每一场发射单元包括至少一阴极,至少一荧光粉层和至少一阳极,该每一阴极与每一阳极之间对应间隔设置,该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体,该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接,该每一荧光粉层对应设置于每一阳极上,其中,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述碳纳米管管状结构的电子发射端延伸出多个电子发射尖端。



1. 一种场发射单元,其包括:

一荧光粉层和一阳极,该阳极包括一端面,所述荧光粉层设置在该阳极端面上;

一阴极,该阴极与阳极间隔设置,该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体,该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接,

其特征在于,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述电子发射端具有一开口,所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

2. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管通过范德华力首尾相连并围绕中空的线状轴心螺旋延伸。

3. 如权利要求 2 所述的场发射单元,其特征在于,所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管的螺旋方向与所述线状轴心的长度方向形成一定的交叉角 α ,且 $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。

4. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,在所述电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构具有一类圆锥形的电子发射部。

5. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述开口的直径为 4 微米至 6 微米。

6. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述多个电子发射尖端围绕所述线状轴心呈环形排列,且向所述阳极延伸。

7. 如权利要求 6 所述的场发射单元,其特征在于,所述多个电子发射尖端的延伸方向逐渐远离所述线状轴心。

8. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述每个电子发射尖端包括多个基本平行的碳纳米管,每个电子发射尖端的中心处突出有一根碳纳米管。

9. 如权利要求 8 所述的场发射单元,其特征在于,所述相邻的电子发射尖端中突出的碳纳米管之间的距离为 0.1 微米~2 微米。

10. 如权利要求 8 所述的场发射单元,其特征在于,所述多个电子发射尖端中相邻的两个电子发射尖端中突出的碳纳米管之间的间距与突出的碳纳米管的直径的比值为 20:1 至 500:1。

11. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述电子发射体进一步包括一线状支撑体设置在所述碳纳米管管状结构的中空的线状轴心处,所述碳纳米管管状结构的电子发射端具有一开口,所述多个电子发射尖端围绕所述开口呈环形排列。

12. 如权利要求 11 所述的场发射单元,其特征在于,所述线状支撑体为导体。

13. 如权利要求 12 所述的场发射单元,其特征在于,所述碳纳米管管状结构通过所述线状支撑体支撑并与所述阴极支撑体电连接。

14. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述阴极包括多个电子发射体相互间隔设置并与所述阴极支撑体电连接。

15. 如权利要求 1 所述的场发射单元,其特征在于,所述电子发射端的正投影位于所述荧光粉层的表面。

16. 一种场发射像素管,其包括一壳体以及一场发射单元,所述场发射单元设置于壳体内,所述场发射单元包括:

一荧光粉层和一阳极,该阳极包括一端面,所述荧光粉层设置在该阳极端面上;

一阴极,该阴极与阳极间隔设置,该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体,该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接;

其特征在于,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述电子发射端具有一开口,所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

17. 如权利要求 16 所述的场发射像素管,其特征在于,所述壳体为一中空透明的圆柱体、中空透明的立方体或中空透明的三棱柱且具有一与阳极端面相对设置的出光部。

18. 如权利要求 17 所述的场发射像素管,其特征在于,所述阳极远离所述出光部设置。

19. 如权利要求 16 所述的场发射像素管,其特征在于,所述场发射像素管进一步包括一位于壳体内部的吸气剂。

20. 一种场发射像素管,其包括一壳体及多个场发射单元,所述多个场发射单元间隔设置于该壳体内,所述多个场发射单元线性排列或按一定的阵列排列,所述每一场发射单元包括:

一荧光粉层和一阳极,该阳极包括一端面,所述荧光粉层设置在该阳极端面上;

一阴极,该阴极与阳极间隔设置,该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体,该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接;

其特征在于,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述电子发射端具有一开口,所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

场发射单元及场发射像素管

技术领域

[0001] 本发明涉及一种场发射单元及场发射像素管。

背景技术

[0002] 碳纳米管 (Carbon Nanotube, CNT) 是一种新型碳材料, 由日本研究人员 Iijima 在 1991 年发现, 请参见 " Helical Microtubules of Graphitic Carbon " , S. Iijima, Nature, vol. 354, p56 (1991)。碳纳米管具有极大的长径比(其长度在微米量级以上, 直径只有几个纳米或几十个纳米), 具有良好的导电导热性能, 并且还有很好的机械强度和良好的化学稳定性, 这些特性使得碳纳米管成为一种优良的场发射材料。因此, 碳纳米管在场发射装置中的应用成为目前纳米科技领域的一个研究热点。

[0003] 然而, 现有场发射单元及场发射像素管是将碳纳米管线或聚集的碳纳米管作为电子发射体, 而电子发射体中作为电子发射源的碳纳米管聚集在一起, 在工作过程中散热不良, 并且相邻的碳纳米管之间存在电场屏蔽效应, 因此电子发射体的电子发射能力不够好。

发明内容

[0004] 有鉴于此, 确有必要提供一种电子发射能力较强的场发射单元及场发射像素管。

[0005] 一种场发射单元, 其包括一荧光粉层和一阳极, 该阳极包括一端面, 所述荧光粉层设置在该阳极端面上, 一阴极, 该阴极与阳极间隔设置, 该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体, 该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接, 其中, 所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接, 所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端, 所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成, 所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接, 所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端, 所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成, 所述电子发射端具有一开口, 所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

[0006] 一种场发射像素管, 其管包括一壳体以及一场发射单元, 所述场发射单元设置于壳体内, 所述场发射单元包括一荧光粉层和一阳极, 该阴极与阳极间隔设置, 该阳极包括一端面, 所述荧光粉层设置在该阳极端面上, 一阴极, 该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体, 该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接, 其中, 所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接, 所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端, 所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成, 所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接, 所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端, 所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成, 所述电子发射端具有一开口, 所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个

碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

[0007] 一种场发射像素管,其包括一壳体及多个场发射单元,所述多个场发射单元间隔设置于该壳体内,所述多个场发射单元线性排列或按一定的阵列排列,所述每一场发射单元包括一荧光粉层和一阳极,该阳极包括一端面,所述荧光粉层设置在该阳极端面上,一阴极,该阴极与阳极间隔设置,该阴极包括一阴极支撑体与一电子发射体,该电子发射体一端与阴极支撑体电性连接,其中,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述电子发射体包括一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构的一端与所述阴极支撑体电连接,所述碳纳米管管状结构的另一端向所述阳极延伸作为电子发射体的电子发射端,所述碳纳米管管状结构为多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心组成,所述电子发射端具有一开口,所述碳纳米管管状结构从开口处延伸出多个碳纳米管束作为多个电子发射尖端。

[0008] 相较于现有技术,本发明所述场发射单元及场发射像素管的电子发射体为碳纳米管管状结构,可以提高电子发射体的机械强度,提高电子发射体的散热能力,并且所述碳纳米管管状结构进一步包括多个呈环状排列的电子发射尖端,可以有效减小多个电子发射尖端之间的屏蔽效应,提高电子发射体的电子发射能力,从而提高电子发射体的发射电流密度。

附图说明

[0009] 图 1 是本发明第一实施例提供的场发射像素管的结构示意图。

[0010] 图 2 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体的结构示意图。

[0011] 图 3 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体的剖面示意图。

[0012] 图 4 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体的扫描电镜照片。

[0013] 图 5 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体缩口的扫描电镜照片。

[0014] 图 6 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体多个电子发射尖端的扫描电镜照片。

[0015] 图 7 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射尖端的透射电镜照片。

[0016] 图 8 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中电子发射体及其线状支撑体的剖面示意图。

[0017] 图 9 是本发明第一实施例提供的场发射像素管中碳纳米管管状结构的扫描电镜照片。

[0018] 图 10 是本发明第一实施例提供的具有栅极体的场发射像素管的结构示意图。

[0019] 图 11 是本发明第二实施例提供的场发射像素管的结构示意图。

[0020] 图 12 至图 15 是本发明第二实施例提供的场发射像素管中电子发射体与阳极的位置关系示意图。

[0021] 图 16 是本发明第三实施例提供的场发射像素管的结构示意图。

[0022] 图 17 是本发明第四实施例提供的场发射像素管的结构示意图。

[0023] 图 18 是本发明第四实施例提供的场发射像素管的俯视示意图。

[0024] 主要元件符号说明

[0025]

场发射像素管	100,200,300,400
电子发射尖端	101
壳体	102,202,302,402
第一端	103
阴极	104,204,304,404
第二端	105
阴极支撑体	106,206,306,406
开口	107
电子发射体	108,208,308
荧光粉层	110,210,310,410
阳极	112,212,312
栅极体	113
阳极引线	114,214,314,414
出射口	115
阴极引线	116,216,316,416
栅极电极	117
吸气剂	118,218,318,418
电子发射端	122,222,322,422
出光部	124
电子发射部	126
线状支撑体	128
场发射单元	203,303,403
端面	220,320,420
第一电子发射体	407
第二电子发射体	408
第三电子发射体	409
第一阳极	411
第二阳极	412
第三阳极	413

具体实施方式

[0026] 以下将结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0027] 请参阅图 1, 本发明第一实施例提供一种场发射像素管 100, 该场发射像素管 100 包括一壳体 102 及一场发射单元(图未标示), 所述场发射单元位于所述壳体 102 内, 所述壳体 102 为所述场发射单元提供一真空空间。

[0028] 所述场发射单元包括一阴极 104, 一荧光粉层 110, 一阳极 112 以及一阴极引线 116 和一阳极引线 114。所述阴极 104 与阳极 112 相对且间隔设置, 所述阴极引线 116 与阴极 104 电连接, 所述阳极引线 114 与所述阳极 112 电连接, 所述阴极 104 可发射电子, 其发射的电子在所述阴极 104 与阳极 112 之间产生的电场作用下到达荧光粉层 110, 轰击荧光粉层 110 中的荧光物质而使之发光。

[0029] 该壳体 102 是真空密封的中空结构。在本实施例中, 该壳体 102 为中空圆柱体, 且该壳体 102 的材料为石英石或玻璃。可以理解的是, 该壳体 102 还可以是中空的立方体、三棱柱或其它多边形棱柱。所述壳体 102 具有相对的两端面(未标示), 其中一端面具有一出光部 124, 所述出光部 124 可以为平面也可以为球面或非球面, 本领域技术人员可以根据实际情况进行选择。可以理解, 所述出光部 124 也可设置在壳体 102 的整个表面。所述阳极 112 设置于该壳体 102 设置有出光部 124 的内壁上, 该阳极 112 为氧化铟锡薄膜或铝膜, 具有良好的透光性和导电性。所述阳极 112 通过所述阳极引线 114 电连接于壳体 102 外部。

[0030] 所述荧光粉层 110 设置在阳极 112 靠近阴极 104 的表面, 该荧光粉层 110 可以为白色荧光粉, 也可以为彩色荧光粉, 例如红色、绿色、蓝色荧光粉等, 当电子轰击荧光粉层 110 时可发出白色或彩色可见光。

[0031] 所述阴极 104 设置于所述壳体 102 内部与出光部 124 相对的一端且垂直于所述出光部 124。所述阴极 104 包括一阴极支撑体 106 及一电子发射体 108。所述电子发射体 108 一端与所述阴极支撑体 106 电连接, 另一端向所述阳极 112 延伸作为电子发射端 122, 用于发射电子, 所述电子发射体 108 可通过导电胶等粘结剂固定于所述阴极支撑体 106 靠近荧光粉层 110 的一端。所述阴极支撑体 106 远离荧光粉层 110 的一端可通过所述阴极引线 116 电连接于所述壳体 102 外部。所述阴极支撑体 106 为一能够导电、导热并具有一定强度的金属丝或其他导电结构, 在本实施例中该阴极支撑体 106 为铜丝。

[0032] 请参阅图 2 至图 4, 所述电子发射体 108 包括一由多个碳纳米管围成的碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构具有一中空的线状轴心。所述碳纳米管管状结构中多个碳纳米管通过范德华力相互连接成一体结构。所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管围绕该中空的线状轴心螺旋延伸, 可以理解, 所述碳纳米管管状结构中也存在极少数并非围绕线状轴心螺旋而是随机排列的碳纳米管, 该少数随机排列的碳纳米管的延伸方向没有规则。但是, 该少数随机排列的碳纳米管并不影响所述碳纳米管管状结构的排列方式以及碳纳米管的延伸方向。在此, 将线状轴心的长度方向定义为多个碳纳米管的延伸方向, 将多个碳纳米管围绕所述线状轴心螺旋形成的方向定义为螺旋方向。在螺旋方向上相邻的碳纳米管通过范德华力首尾相连, 在延伸方向上相邻的碳纳米管通过范德华力紧密结合。所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管的螺旋方向与所述线状轴心的长度方向形成一定的交叉角 α , 且 $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。

[0033] 所述线状轴心是空的, 是虚拟的。该碳纳米管管状结构中线状轴心的截面形状可

以为方形、梯形、圆形或椭圆形等形状,该线状轴心的截面大小,可以根据实际要求制备。

[0034] 请一并参阅图 5 至图 7,所述碳纳米管管状结构的一端具有多个电子发射尖端 101,所述多个电子发射尖端 101 围绕所述线状轴心呈环形排列。具体地,所述碳纳米管管状结构在沿线状轴心的方向上包括一第一端 103 和与该第一端 103 相对的一第二端 105。所述碳纳米管管状结构的第一端 103 与所述阴极支撑体 106 电连接。所述第二端 105 作为所述电子发射体 108 的电子发射端 122,在电子发射端 122,所述碳纳米管管状结构的整体直径沿远离第一端 103 的方向逐渐减小,并收缩形成一类圆锥形的缩口,形成一电子发射部 126,即所述碳纳米管管状结构在电子发射端 122 具有一类圆锥形的电子发射部 126。所述碳纳米管管状结构的电子发射部 126 的末端具有一开口 107,以及多个突出的碳纳米管束。所述每一碳纳米管束为所述碳纳米管管状结构从开口 107 延伸出来的由多个由碳纳米管组成的束状结构。该多个碳纳米管束围绕所述线状轴心排列成环形,且向阳极 112 延伸作为多个电子发射尖端 101。该多个电子发射尖端 101 的延伸方向基本一致,即该多个电子发射尖端 101 基本沿所述线状轴心的长度方向向远处延伸,所述远处是指远离所述阴极支撑体 106 的方向。进一步的,该多个电子发射尖端 101 围绕所述线状轴心呈发散状排列,即该多个电子发射尖端 101 的延伸方向逐渐远离所述线状轴心。当该多个碳纳米管束呈发散状排列时,所述电子发射部 126 的径向尺寸虽然整体上为沿远离碳纳米管管状结构的第一端 103 方向逐渐减小,但由于多个电子发射尖端 101 呈发散性的排列,进而电子发射部 126 末端向外略微扩张,从而所述多个电子发射尖端 101 之间的距离沿延伸方向逐渐变大,使围绕开口 107 环形排列的多个电子发射尖端 101 相互间的间距变大,进而进一步降低了电子发射尖端 101 之间的屏蔽效应。所述开口 107 的尺寸范围为 4-6 微米,本实施例中,所述开口 107 为圆形,其直径为 5 微米,因此位于开口 107 的相对两端的电子发射尖端 101 的间距大于等于 5 微米。

[0035] 请参阅图 7,每个电子发射尖端 101 包括多个基本平行排列的碳纳米管,并且每个电子发射尖端 101 的顶端突出有一根碳纳米管,即所述多个平行排列的碳纳米管中突出一根碳纳米管,优选的,所述每个电子发射尖端 101 的中心位置突出有一根碳纳米管,该碳纳米管的直径小于 5 纳米。本实施例中突出的碳纳米管的直径为 4 纳米。相邻的电子发射尖端 101 中的突出的碳纳米管之间的距离为 0.1 微米至 2 微米。相邻的电子发射尖端 101 中的突出的碳纳米管之间的距离与突出的碳纳米管直径的比例的范围为 20:1-500:1。可以理解,由于电子发射尖端 101 的顶端突出有一根碳纳米管,且相邻的电子发射尖端 101 的突出碳纳米管之间的距离与突出的碳纳米管的直径的比值大于 20:1,故相邻的电子发射尖端 101 中突出的碳纳米管之间的间距远大于突出的碳纳米管的直径,从而可有效降低相邻的突出碳纳米管之间的屏蔽效应。进一步地,由于所述多个电子发射尖端 101 呈环形排列于碳纳米管管状结构的一端,且相邻的电子发射尖端 101 中的突出的碳纳米管之间的距离的最小值为 0.1 微米,则所述多个电子发射尖端 101 中任意两个突出的碳纳米管之间的距离均大于 0.1 微米。如此可以进一步降低该电子发射体的电场屏蔽效应,获得具有较大密度的场发射电流。

[0036] 另外,所述阴极 104 可以进一步包括多个电子发射体 108 与一个阴极支撑体 106 电连接,所述多个电子发射体 108 相互间隔设置,所述多个电子发射体 108 的一端均与阴极支撑体 106 电连接,所述多个电子发射体 108 的另一端分别向阳极 112 的方向延伸。

[0037] 所述碳纳米管管状结构是由至少一碳纳米管膜或至少一碳纳米管线围绕该线状轴心的轴向紧密环绕而形成。可以理解,该碳纳米管管状结构的管壁具有一定的厚度,所述厚度可以通过控制所述碳纳米管膜或碳纳米管线的层数确定。该碳纳米管管状结构内径和外径的大小可以根据实际需求制备,所述碳纳米管管状结构的内径可为 10 微米~30 微米,外径可为 15 微米~60 微米,本实施例中,该碳纳米管管状结构的内径约为 18 微米,最大外径即碳纳米管管状结构的最大直径约为 50 微米。

[0038] 请参考图 8,所述电子发射体 108 可进一步包括一线状支撑体 128 设置在所述碳纳米管管状结构的中空的线状轴心处。所述碳纳米管管状结构通过所述线状支撑体 128 支撑并与所述阴极支撑体电连接。所述碳纳米管管状结构即为设置于所述线状支撑体 128 的表面的一碳纳米管层,即所述碳纳米管层套设与所述线状支撑体 128 的表面,所述碳纳米管层与所述线状支撑体 128 组成一碳纳米管复合线状结构。所述碳纳米管复合线状结构中的碳纳米管层与上述碳纳米管管状结构整体上基本一致,即所述碳纳米管层与上述碳纳米管管状结构的结构相同,碳纳米管层中碳纳米管的排列及延伸方式与上述碳纳米管管状结构中的碳纳米管的排列及延伸方式相同。所述线状支撑体 128 可为导体或非导体,其直径可为 10 微米~30 微米,所述线状支撑体 128 可进一步提高所述电子发射体 108 的机械强度。所述碳纳米管复合线状结构的一端与所述阴极支撑体 106 电连接,所述碳纳米管复合线状结构的另一端向所述阳极 112 延伸作为电子发射体 108 的电子发射端,所述碳纳米管复合线状结构中的所述碳纳米管层在电子发射端延伸出多个电子发射尖端 101。所述碳纳米管复合线状结构向阳极 112 延伸的一端具有一与上述实施例中的电子发射端 122 相同的结构。所述碳纳米管复合线状结构可通过导电胶固定于所述阴极支撑体 106 靠近荧光粉层 110 的一端,也可以通过焊接的方式将所述复合线状结构与所述阴极支撑体 106 电连接。所述电子发射端中线状支撑体 128 的延伸的长度小于所述碳纳米管层在所述线状支撑体 128 延伸方向上的延伸长度。

[0039] 所述碳纳米管电子发射体 108 的制备方法,包括以下步骤:

[0040] (S10) 提供一线状支撑体;

[0041] (S20) 提供至少一碳纳米管膜或碳纳米管线,将所述碳纳米管膜或碳纳米管线缠绕在所述线状支撑体表面形成一碳纳米管层;

[0042] (S30) 移除所述线状支撑体,得到一由碳纳米管层围成的中空管状碳纳米管预制体;以及

[0043] (S40) 将该管状碳纳米管预制体熔断,形成所述碳纳米管电子发射体 108。

[0044] 步骤(S10)中,该线状支撑体在一控制装置的控制下既能够绕其中心轴旋转又能够沿其中心轴延伸方向做直线运动。

[0045] 所述线状支撑体的材料可为单质金属、金属合金、高分子材料等。所述单质金属包括金、银、铜、铝等,所述金属合金包括铜锡合金。进一步的,所述铜锡合金表面可镀银。所述铜锡合金可为 97% 铜与 3% 锡的合金。

[0046] 所述线状支撑体在缠绕碳纳米管膜或碳纳米管线的过程中,主要起支撑作用,其本身具有一定的稳定性及机械强度,且可以通过化学方法、物理方法或机械方法移除。该线状支撑体的材料可以选用符合上述条件的所有材料。可以理解,该线状支撑体可以选用不同的直径。本实施例中选用直径为 25 微米的铝线作为该线状支撑体。

[0047] 步骤(S20)中,所述碳纳米管膜或碳纳米管为自支撑结构。所述碳纳米管膜可为碳纳米管拉膜或碳纳米管碾压膜等。所述碳纳米管膜由若干碳纳米管组成,该若干碳纳米管无序或有序排列。所谓无序排列是指碳纳米管的排列方向无规则。所谓有序排列是指碳纳米管的排列方向有规则。具体地,当碳纳米管膜包括无序排列的碳纳米管时,碳纳米管相互缠绕或者各向同性排列;当碳纳米管膜包括有序排列的碳纳米管时,碳纳米管沿一个方向或者多个方向择优取向排列。所谓“择优取向”是指所述碳纳米管膜中的大多数碳纳米管在一个方向或几个方向上具有较大的取向几率;即,该碳纳米管膜中的大多数碳纳米管的轴向基本沿同一方向或几个方向延伸。

[0048] 当所述碳纳米管膜为碳纳米管拉膜或碳纳米管线时,步骤(S20)可包括以下具体步骤:

[0049] 步骤(S210),形成至少一碳纳米管阵列。

[0050] 提供一基底,所述碳纳米管阵列形成于所述基底表面。所述碳纳米管阵列由多个碳纳米管组成,该碳纳米管为单壁碳纳米管、双壁碳纳米管及多壁碳纳米管中的一种或多种。本实施例中,该多个碳纳米管为多壁碳纳米管,且该多个碳纳米管基本上相互平行且垂直于所述基底,该碳纳米管阵列不含杂质,如无定型碳或残留的催化剂金属颗粒等。所述碳纳米管阵列的制备方法包括化学气相沉积法、电弧放电法、激光烧蚀法等,所述碳纳米管阵列的制备方法不限,可参见中国大陆公开专利申请第 02134760.3 号。优选地,该碳纳米管阵列为超顺排碳纳米管阵列。

[0051] 步骤(S220),从所述碳纳米管阵列中拉取获得一个碳纳米管拉膜或碳纳米管线。

[0052] 本实施例采用具有一定宽度的胶带、镊子或夹子接触碳纳米管阵列以选定一具有一定宽度的多个碳纳米管;以一定速度拉伸该选定的碳纳米管,该拉取方向沿基本垂直于碳纳米管阵列的生长方向。从而形成首尾相连的多个碳纳米管片段,进而形成一连续的碳纳米管拉膜。在上述拉伸过程中,该多个碳纳米管片段在拉力作用下沿拉伸方向逐渐脱离基底的同时,由于范德华力作用,该选定的多个碳纳米管片段分别与其他碳纳米管片段首尾相连地连续地被拉出,从而形成一连续、均匀且具有一定宽度的碳纳米管拉膜。该碳纳米管拉膜的宽度与碳纳米管阵列所生长的基底的尺寸有关,该碳纳米管拉膜的长度不限,可根据实际需求制得。可以理解,当该碳纳米管拉膜的宽度很窄的情况下,可以形成所述碳纳米管线。

[0053] 步骤(S230),将所述碳纳米管拉膜或碳纳米管线缠绕于所述支撑体上形成一碳纳米管层。

[0054] 将所述碳纳米管拉膜或碳纳米管线缠绕于所述支撑体上形成一碳纳米管层的方法包括以下步骤:首先,将通过以上方法制备的所述碳纳米管拉膜或碳纳米管线的一端固定于所述线状支撑体表面;其次,使该线状支撑体绕其中心轴旋转的同时沿其中心轴延伸方向做直线运动,即可得到一表面螺旋缠绕有碳纳米管拉膜或碳纳米管线的线状支撑体。其中,所述碳纳米管拉膜或碳纳米管线中大多数碳纳米管的螺旋方向与支撑体的轴心的延伸方向具有一定的交叉角 α , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。可以理解,在碳纳米管拉膜厚度或碳纳米管线直径一定的情况下,交叉角 α 越小,则缠绕得到的碳纳米管层就越薄,交叉角 α 越大,则缠绕得到的碳纳米管层的厚度就越厚。

[0055] 步骤(S30),移除所述线状支撑体,得到一由碳纳米管层围成的中空的管状碳纳米

管预制体。

[0056] 将所述的线状支撑体通过化学方法、物理方法或机械方法移除。当采用活泼的金属材料及其合金作该线状支撑体时,如铁或铝及其合金,可以使用一酸性溶液与该活泼的金属材料反应,并将该线状支撑体移除;当采用不活泼的金属材料及其合金作该线状支撑体时,如金或银及其合金,可以使用加热蒸发的方法,移除所述线状支撑体;当采用高分子材料作线状支撑体时,可以使用一拉伸装置沿所述线状支撑体的中心轴方向拉出所述线状支撑体。本实施例采用浓度为 0.5mol/L 的盐酸溶液腐蚀缠绕有碳纳米管拉膜的铝线,将该铝线移除。可以理解,根据线状支撑体直径的不同可以得到不同内径的碳纳米管结构。

[0057] 如图 9 所示,所述管状碳纳米管预制体为多个碳纳米管围成一碳纳米管管状结构,所述碳纳米管管状结构中所述多个碳纳米管围绕一中空的线状轴心螺旋延伸,相邻的碳纳米管之间通过范德华力紧密相连。

[0058] 步骤(S40),将该管状碳纳米管预制体熔断,形成所述电子发射体。

[0059] 该管状碳纳米管预制体的熔断方法主要有三种。

[0060] 方法一:电流熔断法,即将该管状碳纳米管预制体通电流加热熔断。方法一可以在真空环境下或惰性气体保护的条件下进行,其具体包括以下步骤:

[0061] 首先,将该管状碳纳米管预制体悬空设置于一真空室内或充满惰性气体的反应室。

[0062] 该真空室包括一可视窗口以及一阳极接线柱与一阴极接线柱,且其真空度低于 1×10^{-1} 帕,优选为 2×10^{-5} 帕。该管状碳纳米管预制体两端分别与阳极接线柱和阴极接线柱电性连接。本实施例中,该阳极接线柱与阴极接线柱为直径 0.5 毫米的铜丝导线,该管状碳纳米管预制体的直径 25 微米,长度 2 厘米。

[0063] 所述的充满惰性气体的反应室结构与真空室相同,惰性气体可以是氦气或氩气等。

[0064] 其次,在该管状碳纳米管预制体两端施加一电压,通入电流加热熔断。

[0065] 在阳极接线柱与阴极接线柱之间施加一 40 伏特的直流电压。本技术领域人员应当明白,阳极接线柱与阴极接线柱之间施加的电压与所选的管状碳纳米管预制体的内径、外径、壁厚和长度有关。在直流条件下通过焦耳热加热管状碳纳米管预制体。加热温度优选为 2000K 至 2400K,加热时间小于 1 小时。在真空直流加热过程中,通过管状碳纳米管预制体的电流会逐渐上升,但很快电流就开始下降直到管状碳纳米管预制体被熔断。在熔断前,管状碳纳米管预制体上会出现一个亮点,碳纳米管长线从该亮点处熔断。

[0066] 由于管状碳纳米管预制体中各点的电阻不同,使得各点的分电压也不同。在管状碳纳米管预制体中电阻较大的一点,会得到较大的分电压,从而具有较大的加热功率,产生较多的焦耳热,使该点的温度迅速升高。在熔断的过程中,该点的电阻会越来越大,导致该点的分电压也越来越大,同时,温度也越来越大直到该点断裂,形成两个电子发射端。在熔断的瞬间,阴极与阳极之间会产生一个非常小的间隙,同时在熔断点位置附近,由于碳的蒸发,真空度较差,并且越靠近熔断处,碳的挥发越明显,这些因素会使熔断的瞬间在熔断点附近产生气体电离。电离后的离子轰击熔断的管状碳纳米管预制体的端部,越靠近熔断处,轰击的离子越多,从而该管状碳纳米管预制体端部形成一类圆锥形缩口,形成所述电子发射部。

[0067] 本实施例采用的真空熔断法,避免了管状碳纳米管预制体熔断后得到的碳纳米管管状结构体的锥面形结构体的端口的污染,而且,加热过程中管状碳纳米管预制体的机械强度会有一定提高,使之具备优良的场发射性能。

[0068] 方法二:电子轰击法,即首先加热该管状碳纳米管预制体,然后提供一电子发射源,使用该电子发射源轰击该管状碳纳米管预制体,使该管状碳纳米管预制体在被轰击处熔断。方法二具体包括以下步骤:

[0069] 首先,加热该管状碳纳米管预制体。

[0070] 将该管状碳纳米管预制体放置于一真空系统。该真空系统的真空度维持 1×10^{-4} 帕至 1×10^{-5} 帕。在该管状碳纳米管预制体中通入电流,加热该管状碳纳米管预制体至 1800K 至 2500K。

[0071] 其次,提供一电子发射源,使用该电子发射源轰击该管状碳纳米管预制体,使该管状碳纳米管预制体在被轰击处熔断。

[0072] 该电子发射源包括一具有多个场发射尖端的碳纳米管长线。将该电子发射源接入一低电位,该管状碳纳米管预制体接入一高电位。将该电子发射源与该管状碳纳米管预制体垂直放置,并使该电子发射源指向该管状碳纳米管预制体被轰击处。该电子发射源发射的电子束轰击该管状碳纳米管预制体的侧壁,使该管状碳纳米管预制体被轰击处的温度升高。这样一来,该管状碳纳米管预制体被轰击处具有最高的温度。该管状碳纳米管预制体在该轰击处熔断,形成多个场发射尖端。

[0073] 进一步地,上述电子发射源相对于该管状碳纳米管预制体的具体定位,可以通过一操作台来实现。其中,该电子发射源与该管状碳纳米管预制体之间的距离为 50 微米至 2 毫米。本发明实施例优选将该管状碳纳米管预制体固定到一个可以实现三维移动的操作台上。通过调节该管状碳纳米管预制体在三维空间的移动,使该电子发射源与该管状碳纳米管预制体在同一平面内并且互相垂直。该电子发射源与该管状碳纳米管预制体之间的距离为 50 微米。

[0074] 可以理解,为了提供更大的场发射电流以提高该管状碳纳米管预制体局域的温度,可以使用多个电子发射源同时提供场发射电流。进一步地,还可以使用其他形式的电子束来实现该管状碳纳米管预制体的定点熔断,比如传统的热阴极电子源发射的电子束或者其他常见场发射电子源发射的电子束。

[0075] 方法三:激光照射法,即以一定功率和扫描速度的激光照射该管状碳纳米管预制体,在该管状碳纳米管预制体通入电流,该管状碳纳米管预制体在被激光照射处熔断,形成所述电子发射体。方法三具体包括以下步骤:

[0076] 首先,以一定功率和扫描速度的激光照射该管状碳纳米管预制体。

[0077] 将上述的管状碳纳米管预制体放置于空气或者含有氧化性气体的气氛中。以一定功率和扫描速度的激光照射该管状碳纳米管预制体。当该碳管状碳纳米管预制体的某一位置被激光照射温度升高后,空气中的氧气会氧化该位置处的碳纳米管,产生缺陷,从而使该位置处的电阻变大。

[0078] 可以理解,激光照射该管状碳纳米管预制体的时间和该激光的功率成反比。即激光功率较大时,激光照射该管状碳纳米管预制体的时间较短;激光功率较小时,激光照射该管状碳纳米管预制体的时间较长。

[0079] 本发明中,激光的功率为 1 瓦~60 瓦,扫描速度为 100-2000 毫米/秒。本发明实施例优选的激光的功率为 12 瓦,扫描速度为 1000 毫米/秒。本发明实施例中的激光可以是二氧化碳激光、半导体激光、紫外激光等任何形式的激光,只要能产生加热的效果即可。

[0080] 其次,在该管状碳纳米管预制体通入电流,管状碳纳米管预制体在被激光照射处熔断,形成两个碳纳米管管状结构。

[0081] 将经过激光照射后的管状碳纳米管预制体放置于一真空系统中,该碳纳米管管状结构两端分别与阳极接线柱和阴极接线柱电性连接后通入电流。该管状碳纳米管预制体中被激光照射的部位是温度最高的部位,最后该管状碳纳米管预制体会在该处熔断,形成两个碳纳米管管状结构。

[0082] 可以理解,还可以将该管状碳纳米管预制体设置在一真空或者充满惰性气体的气氛中。该管状碳纳米管预制体在被电流加热的同时,以一定功率和扫描速度的激光照射该管状碳纳米管预制体。由于是真空或者惰性气体的气氛,故该管状碳纳米管预制体可以被稳定地加热。当该管状碳纳米管预制体的某一位置被激光照射温度升高后,该位置是温度最高的部位,最后该管状碳纳米管预制体会在该处烧断。

[0083] 同时由于管状碳纳米管预制体两端分别固定于阳极接线柱与阴极接线柱,并且相邻碳纳米管之间存在范德华力,因此在熔断的过程中,熔断处的碳纳米管在远离熔断处并与其相邻的碳纳米管的作用下,其螺旋方向逐渐趋向于延伸方向,即,碳纳米管的螺旋方向与所述延伸方向所形成的交叉角 α 逐渐接近于 0° 并分散,形成所述多个发散的电子发射尖端。同时,由于管状碳纳米管预制体在熔断的瞬间,在熔断点位置附近,由于碳的蒸发,真空度较差,且越接近熔断处,碳的挥发越明显,使得所述管状碳纳米管预制体熔断处形成一类圆锥形缩口,从而形成所述碳纳米管发射部。

[0084] 另一方面,如果省略步骤(S30) 移除所述线状支撑体的步骤,而直接在(S20) 步骤的基础进行(S40) 熔断的步骤,则可得到所述一线状支撑体表面设置有碳纳米管层的碳纳米管复合结构,所述线状支撑体可以提高所述电子发射体的机械强度。

[0085] 如图 10 所示,进一步的,所述场发射像素管 100 包括一栅极体 113,所述栅极体 113 是一个具有筒状结构的中空柱体,其具有一顶面及一个从该顶面沿远离阳极 112 的方向延伸的环状侧壁。该栅极体 113 的顶面具有一个正对于电子发射体 108 的电子发射端 122 的出射口 115。该栅极体 113 的横截面可以为圆形,椭圆形或三角形,四边形等多边形。该栅极体 113 环绕电子发射体 108 设置,即电子发射体 108 收容于栅极体 113 内,且电子发射体 108 的电子发射端 122 正对于栅极体 113 顶面的出射口 115。在本实施例中,该栅极体 113 为一个中空圆柱体,其材料为导电材料,且与所述阴极 104 与阳极 112 分别间隔设置。所述栅极体 113 通过栅极电极 117 电连接于壳体 102 外部。当给场发射像素管 100 施加工作电压时,该栅极体 113 与电子发射体 108 之间形成电场,碳纳米管管状结构在该电场作用下发射电子,穿过栅极体顶面的出射口 115,再在阳极 112 高电压作用下加速以轰击荧光粉层 110。同时由于电子发射体 108 位于栅极体 113 内,栅极体 113 可以起到屏蔽作用,以屏蔽阳极 112 的高压,保护电子发射体 108,延长碳纳米管管状结构的使用寿命。通过调节栅极电极 117 上的电压可以控制电子发射体 108 的发射电流,从而调节荧光屏的亮度。可以理解,所述栅极体 113 为一可选结构。

[0086] 另外,该场发射像素管 100 进一步包括一位于壳体 102 内的吸气剂 118,用于吸附

场发射像素管内的残余气体,维持场发射像素管内部的真空度。该吸气剂 118 可以为蒸散型吸气剂金属薄膜,在壳体 102 封接后通过高频加热蒸镀的方式形成于壳体 102 的内壁上。该吸气剂 118 也可以为非蒸散型吸气剂,设置在阴极支撑体 106 上。所述的非蒸散型吸气剂 118 的材料主要包括钛、锆、钨、钽、稀土金属及其合金。

[0087] 当该场发射像素管 100 工作时,分别给阳极 112 和阴极 104 施加不同的电压使得阳极 112 和阴极 104 之间形成电场,通过电场作用使电子发射体 108 尖端即碳纳米管发射出电子,电子轰击荧光粉层 110 上的荧光物质,发出可见光。可见光透过阳极 112 通过场发射像素管 100 的出光部 124 射出,多个这样的场发射像素管 100 排列起来就可以用来照明或信息显示。

[0088] 请参阅图 11,本发明第二实施例提供一种场发射像素管 200,其基本结构与第一实施例所述场发射像素管 100 结构基本相同,其不同在于所述场发射像素管 200 中荧光粉层设置于一阳极端面上。所述场发射像素管 200 包括一壳体 202 及一场发射单元 203,所述场发射单元 203 位于所述壳体 202 内,所述壳体 202 为所述场发射单元提供一真空空间。

[0089] 所述场发射单元包括一阴极 204,一荧光粉层 210,一阳极 212 以及一阴极引线 216 和一阳极引线 214。所述阴极 204 与阳极 212 间隔设置,所述阴极引线 216 与阴极 204 电连接,所述阳极引线 214 与所述阳极 212 电连接,所述阴极 204 可发射电子,其发射的电子在所述阴极 204 与阳极 212 产生的电场的作用下到达荧光粉层 210,轰击荧光粉层 210 中的荧光物质而使之发光。

[0090] 所述壳体 202 为一真空密封的结构。在本实施例中,该壳体 202 为一中空玻璃圆柱体,且该圆柱体直径为 1 毫米至 5 毫米,高度为 2 毫米至 5 毫米。该壳体 202 的一端包括一出光部 224。该壳体 202 材料为一透明材料如:石英石或玻璃。可以理解的是,该壳体 202 还可以是中空的立方体、三棱柱或其它多边形棱柱,本领域技术人员可以根据实际情况进行选择。

[0091] 所述阴极 204 包括一阴极支撑体 206 与一电子发射体 208。该阴极支撑体 206 的一端与电子发射体 208 一端电性连接,另一端通一阴极引线 216 电性连接到壳体 202 外。所述阴极支撑体 206 为一导体,如:金属丝或金属杆。该阴极支撑体 206 形状不限,且能够导热并具有一定强度。本实施例中该阴极支撑体 206 优选为镍丝。

[0092] 所述电子发射体 208 包括一由多个碳纳米管围成的碳纳米管管状结构。所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管围绕一中空的线状轴心螺旋延伸,可以理解,所述碳纳米管管状结构中也存在极少数并非围绕线状轴心螺旋而是随机排列的碳纳米管,该少数随机排列的碳纳米管的延伸方向没有规则。但是,该少数随机排列的碳纳米管并不影响所述碳纳米管管状结构的排列方式以及碳纳米管的延伸方向。在此,将线状轴心的长度方向定义为多个碳纳米管的延伸方向,将多个碳纳米管围绕所述线状轴心螺旋形成的方向定义为螺旋方向。在螺旋方向上相邻的碳纳米管通过范德华力首尾相连,在延伸方向上相邻的碳纳米管通过范德华力紧密结合。所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管的螺旋方向与所述线状轴心的长度方向形成一定的交叉角 α ,且 $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。所述电子发射体 208 与第一实施例所述场发射像素管 100 中的电子发射体 108 的材料、结构及制备方法相同。

[0093] 所述电子发射体 208 具有一电子发射端 222,所述电子发射端 222 设置于电子发射体 208 远离阴极支撑体 206 的一端,并向所述阳极 212 延伸。所述电子发射体 208 与电子

发射端 222 相对的另一端与所述阴极支撑体 206 电连接。进一步的,所述电子发射体 208 的电子发射端 222 的正投影位于所述荧光粉层 210 的表面。

[0094] 所述的阳极 212 远离所述壳体 202 的出光部 224 设置,即所述阳极 212 并未设置在所述壳体 202 的出光部 224 的位置。所述的阳极 212 为一导电体,如:金属杆。该阳极 212 形状不限,且能够导热并具有一定强度。本实施例中,阳极 212 优选为铜金属杆。该铜金属杆直径为 100 微米至 1 厘米。可以理解,该铜金属杆直径可以根据实际需要选择。所述阳极 212 的一端包括一端面 220,该阳极 212 远离端面 220 的另一端通过一阳极引线 214 电性连接到壳体 202 外。所述的端面 220 为一抛光的端面。该抛光的端面 220 可以为平面、半球面、球面、锥面、凹面或其它形状端面。

[0095] 所述的荧光粉层 210 设置在阳极 212 的端面 220 上。该荧光粉层 210 的材料可以为白色荧光粉,也可以为单色荧光粉,例如红色,绿色,蓝色荧光粉等,当电子轰击荧光粉层 210 时可发出白光或其它颜色可见光。该荧光粉层 210 可以采用沉积法或涂敷法设置在阳极 212 的一端的端面 220 上。该荧光粉层 210 厚度为 5 至 50 微米。所述端面 220 可以反射荧光粉层 210 发出的光。

[0096] 所述的电子发射体 208 与阳极 212 的设置可以为多种位置关系,请参见图 12 至图 15。可以使电子发射体 208 的电子发射端 222 与阳极 212 的端面 220 正对设置;可以使电子发射体 208 与阳极 212 轴向成一锐角,使电子发射端 222 与端面 220 斜对设置;可以使电子发射体 208 与阳极 212 轴向互相垂直或平行,使电子发射端 222 设置在端面 220 附近。可以理解,上述设置的位置关系不限于此,只需满足所述电子发射体 208 的电子发射端 222 是所述电子发射体 208 最靠近所述阳极 212 的端面 220 的一端即可。优选地,电子发射端 222 与端面 220 距离小于 5 毫米。

[0097] 另外,该场发射像素管 200 进一步包括一位于壳体 202 内的吸气剂 218,用于吸附场发射像素管内残余气体,维持场发射像素管内部的真空度。该吸气剂 218 可以为蒸散型吸气剂金属薄膜,在壳体 202 封接后通过高频加热蒸镀的方式形成于靠近阴极 204 的壳体 202 内壁上。该吸气剂 218 也可以为非蒸散型吸气剂,固定在阴极支撑体 206 上。所述的非蒸散型吸气剂 218 材料主要包括钛、锆、钨、钽、稀土金属及其合金。

[0098] 当该场发射像素管 200 工作时,在阳极 212 和阴极 204 之间加上电压形成电场,通过电场作用使电子发射体 208 的电子发射端 222 发射出电子,发射电子到达阳极 212,轰击阳极 212 表面的荧光粉层 210,发出可见光。其中,一部分可见光直接透过壳体 202 的出光部 224 射出,另一部分可见光则经过阳极 212 端面 220 反射后,透过壳体 202 的出光部 224 射出。

[0099] 请参阅图 16,本发明第三实施例提供一种场发射像素管 300,其基本结构与第二实施例所述场发射像素管 200 结构基本相同,其不同点在于,所述场发射像素管 300 包括一壳体 302 以及设置于该壳体 302 内的多个场发射单元 303,所述的多个场发射单元 303 相互间隔一定距离设置,且按照预定规律排列。所述场发射单元 303 与第二实施例所述场发射单元 203 的材料与结构相同。每个场发射单元 303 包括一阴极 304、一阳极 312、一阴极引线 316、一阳极引线 314 和一荧光粉层 310。所述阴极 304 包括一阴极支撑体 306 与一电子发射体 308,所述电子发射体 308 包括一电子发射端 322。该阳极 312 的一端包括一端面 320。该荧光粉层 310 设置在阳极 312 端面 320 上。该阳极 312 远离端面 320 的另一端通

过一阳极引线 314 电性连接到壳体 302 外。

[0100] 另外,该场发射像素管 300 进一步包括一位于壳体 302 内壁的吸气剂 318,用于吸附场发射像素管 300 内残余气体,维持场发射像素管 300 内部的真空度。该吸气剂 318 可以为蒸散型吸气剂金属薄膜,在壳体 302 封接后通过高频加热蒸镀的方式形成于壳体 302 内壁上。该吸气剂 318 也可以为非蒸散型吸气剂,固定在所述阴极 304 上或单独的一根阴极引线 316 上。所述的非蒸散型吸气剂 318 材料主要包括钛、锆、钨、钽、稀土金属及其合金。

[0101] 所述壳体 302 为一真空密封的结构。该壳体 302 正对每个场发射单元 303 中阳极 312 的端面 320 的部分为一出光部 324,所述出光部 324 远离所述阳极 312 设置。所述场发射单元 303 在壳体 302 中可以有不同的排列方式,如线性排列或按一定的阵列排列,本领域技术人员可以根据实际情况进行设置。本实施例中,场发射单元 303 为线性等距离排列在壳体 302 中。可以理解,当用该场发射像素管 300 组装大屏幕显示器时,多个场发射单元 303 之间的行距与列距要保持相等。

[0102] 当该场发射像素管 300 工作时,在一阳极 312 和一阴极 304 之间加上电压形成电场,通过电场作用使电子发射体 308 的电子发射端 322 发射出电子,发射的电子到达阳极 312,轰击阳极 312 表面的荧光粉层 310,发出可见光。其中,一部分可见光直接透过壳体 302 的出光部 324 射出,另一部分可见光则经过阳极 312 端面 320 反射后,透过壳体 302 的出光部 324 射出。由于所述场发射像素管 300 包括多个场发射单元 303,可通过外接控制电路控制实现该多个场发射单元 303 单独工作或同时工作。

[0103] 所述场发射像素管 300 包括多个场发射单元 303,而且,每个场发射单元 303 体积较小,可以方便的用来组装大型户外显示器,且组装的大型户外显示器分辨率较高。另外,该场发射像素管 300 中,多个场发射单元 303 置于一个壳体 302 内,且每个场发射单元 303 中阴极 304 与阳极 312 无需精确对准,可以简化制备工艺,降低制备成本。

[0104] 请参阅图 17 及图 18,本发明第四实施例提供一种场发射像素管 400,所述场发射像素管 400 包括一壳体 402 及至少一场发射单元 403,所述场发射单元 403 位于所述壳体 402 内。所述场发射像素管 400 的基本结构与第二实施例所述场发射像素管 200 的结构基本相同,其不同在于,所述每一场发射单元包括多个阳极,所述多个阳极按一定规则排列。

[0105] 所述每一场发射单元 403 包括一阴极 404,一荧光粉层 410,一第一阳极 411,一第二阳极 412 以及一第三阳极 413。所述阴极 404 与所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 间隔设置于所述壳体 402 内。所述第一阳极 411、所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 围绕所述阴极 404 设置,且其正投影呈三角形排列,三个阳极的正投影分别对应位于所述三角形的三个顶点。所述阴极 404 包括一第一电子发射体 407、一第二电子发射体 408 和一第三电子发射体 409,所述第一电子发射体 407、一第二电子发射体 408 和一第三电子发射体 409 分别向与之对应的第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 的方向延伸。该第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 分别包括一电子发射端 422。所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 分别与所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 一一对应,且所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 的电子发射端 422 分别向所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 延伸设置。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 分别具有一端面 420。所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第

三电子发射体 409 的电子发射端 422 的正投影分别位于每个电子发射体对应的阳极的端面所在的范围内。所述荧光粉层 410 分别设置于所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 端面的表面。

[0106] 所述壳体 402 为一真空密封的结构。该壳体 402 包括一出光部 424, 该出光部 424 与所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 端面相对设置。当所述壳体 402 包括多个场发射单元 403 时, 所述多个场发射单元 403 可以有不同排列方式, 如线性排列或按一定的阵列排列, 本领域技术人员可以根据实际情况进行设置。

[0107] 所述阴极 404 进一步包括一阴极支撑体 406, 该阴极支撑体 406 为一导体, 如: 金属丝或金属杆。该阴极支撑体 406 形状不限, 且能够导电并具有一定强度。本发明实施例中所述阴极支撑体 406 优选为镍丝。所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 的一端分别与所述阴极支撑体 406 的一端电性连接, 且所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 的电子发射端 422 分别靠近每个电子发射体对应阳极的端面设置。该场发射像素管 400 进一步包括一阴极引线 416, 所述阴极支撑体 406 远离所述第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 的一端通过该阴极引线 416 连接到所述壳体 402 外。

[0108] 本实施例所述的第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 分别包括一碳纳米管管状结构, 所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管围绕一中空的线状轴心螺旋延伸, 可以理解, 所述碳纳米管管状结构中也存在极少数并非围绕线状轴心螺旋而是随机排列的碳纳米管, 该少数随机排列的碳纳米管的延伸方向没有规则。但是, 该少数随机排列的碳纳米管并不影响所述碳纳米管管状结构的排列方式以及碳纳米管的延伸方向。在此, 将线状轴心的长度方向定义为多个碳纳米管的延伸方向, 将多个碳纳米管围绕所述线状轴心螺旋形成的方向定义为螺旋方向。在螺旋方向上相邻的碳纳米管通过范德华力首尾相连, 在延伸方向上相邻的碳纳米管通过范德华力紧密结合。所述碳纳米管管状结构中大多数碳纳米管的螺旋方向与所述线状轴心的长度方向形成一定的交叉角 α , 且 $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 。所述的第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 的结构、材料及制备方法与第一实施例所述电子发射体 108 相同。

[0109] 所述的第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 均为一导体, 如: 金属杆。该第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 形状不限, 且能够导热并具有一定强度。本发明实施例中, 所述的第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 均优选为镍金属杆。该金属杆直径为 100 微米至 1 厘米。可以理解, 该金属杆直径可以根据实际需要选择。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 呈一等边三角形放置, 其中所述阴极 404 设置在该等边三角形的中心。可以理解, 所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 之间的位置关系可以根据需要进行适当的调整。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 分别包括一抛光的端面 420。所述端面 420 可以为平面、半球面、球面、锥面、凹面或其它形状端面。所述端面 420 可以反射荧光粉层发出的光。该场发射像素管 400 进一步包括一阳极引线 415。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 远离其端面 420 的一端分别通过该阳极引线 415 电性连接到所述壳体 402 外。

[0110] 所述荧光粉层 410 分别设置在所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 的端面 420 的表面。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的荧光粉层 410

可以分别为三种不同颜色的荧光粉。当电子轰击所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的荧光粉层 410 时可发出白光或其它颜色可见光。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的荧光粉层 410 可以采用沉积法或涂敷法设置在所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 的端面 420 的表面。所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的荧光粉层 410 厚度为 5 微米至 50 微米。可以理解,所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的荧光粉层 410 也可以进一步分别对应设置在所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上的表面其他位置。只要所述第一电子发射体 407,第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 所发射的电子能轰击到对应的荧光粉层 410 即可。

[0111] 所述的每个电子发射体与阳极的设置可以为多种位置关系,其位置关系可参照第二实施例所述场发射像素管 200 中电子发射体与阳极之间的位置关系。

[0112] 另外,该场发射像素管 400 进一步包括一位于壳体 402 内壁的吸气剂 418,用于吸附场发射像素管 400 内残余气体,维持场发射像素管 400 内部的真空度。该吸气剂 418 可以为蒸散型吸气剂金属薄膜,在壳体 402 封接后通过高频加热蒸镀的方式形成于壳体 402 内壁上。该吸气剂 418 也可以为非蒸散型吸气剂,固定在所述阴极 404 上或单独的一根阴极引线 416 上。所述的非蒸散型吸气剂 418 材料主要包括钛、锆、钨、钽、稀土金属及其合金。

[0113] 当该场发射像素管 400 工作时,分别在所述第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 和阴极 404 之间加上电压形成电场,通过电场作用使第一电子发射体 407、第二电子发射体 408 和第三电子发射体 409 发射出电子,发射的电子到达第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413,分别轰击第一阳极 411、第二阳极 412 以及第三阳极 413 上荧光粉层 410,发出可见光。其中,一部分可见光直接透过出光部 424 射出,另一部分可见光则经过端面 420 反射后,透过该出光部 424 射出。该场发射像素管 400 可以用来组装具有较高分辨率的大型户外彩色显示器。

[0114] 相对于现有技术,本发明采用碳纳米管管状结构作为电子发射体,使得电子发射体的机械强度和散热效率得到提高,且该碳纳米管管状结构包括多个突出的环状排列的电子发射尖端,可以有效降低该电子发射体的电场屏蔽效应,获得具有较大密度的场发射电流。所述场发射单元可用于组装照明设备或显示设备。

[0115] 另外,本领域技术人员还可在本本发明精神内做其他变化,当然,这些依据本本发明精神所做的变化,都应包含在本本发明所要求保护的范围之内。

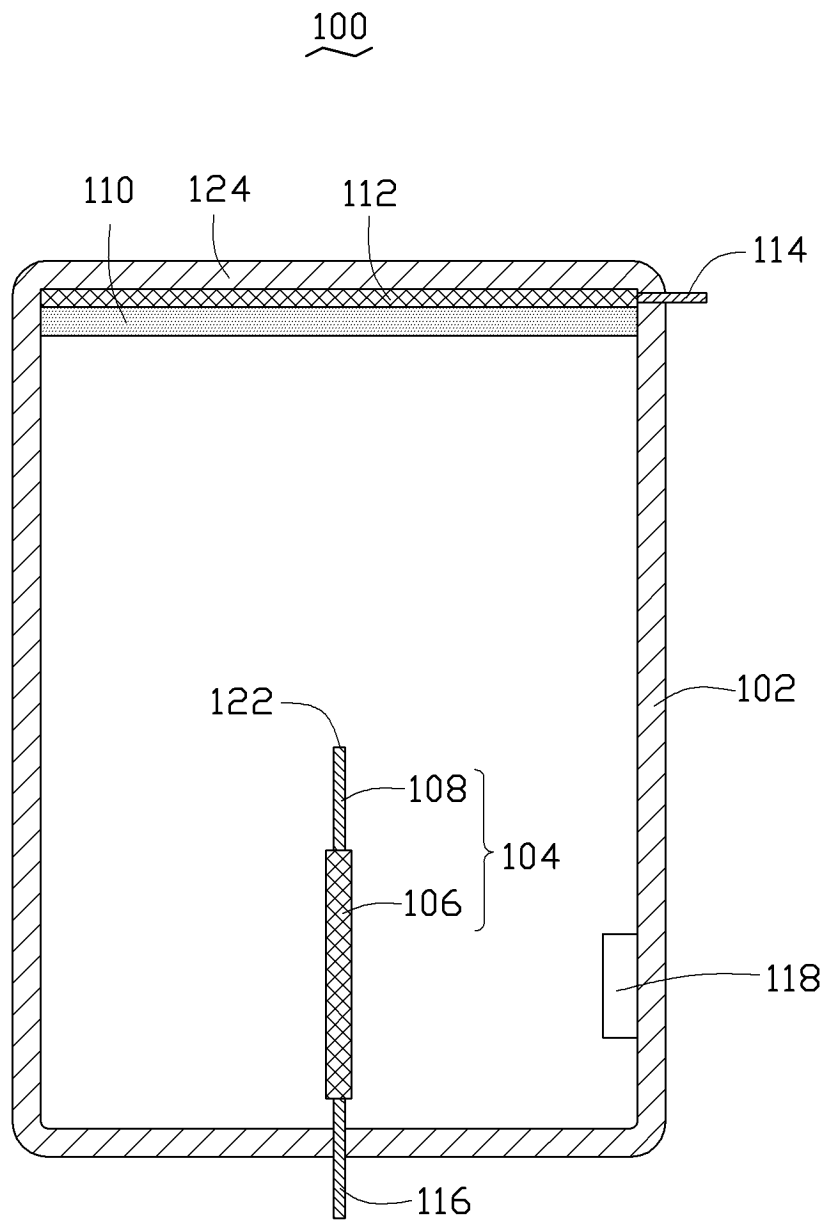


图 1

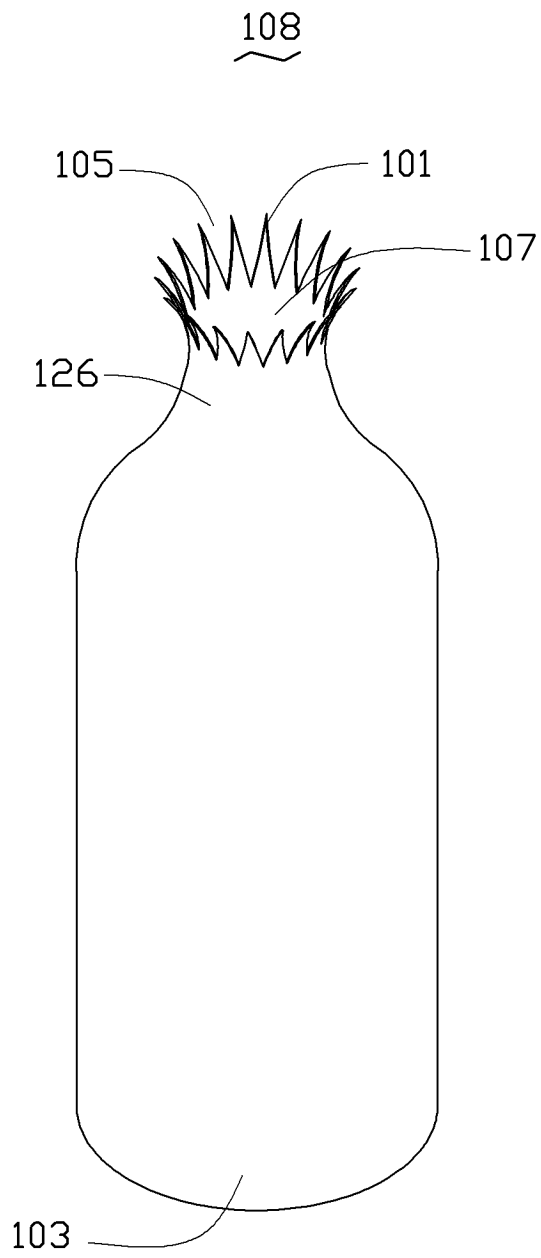


图 2

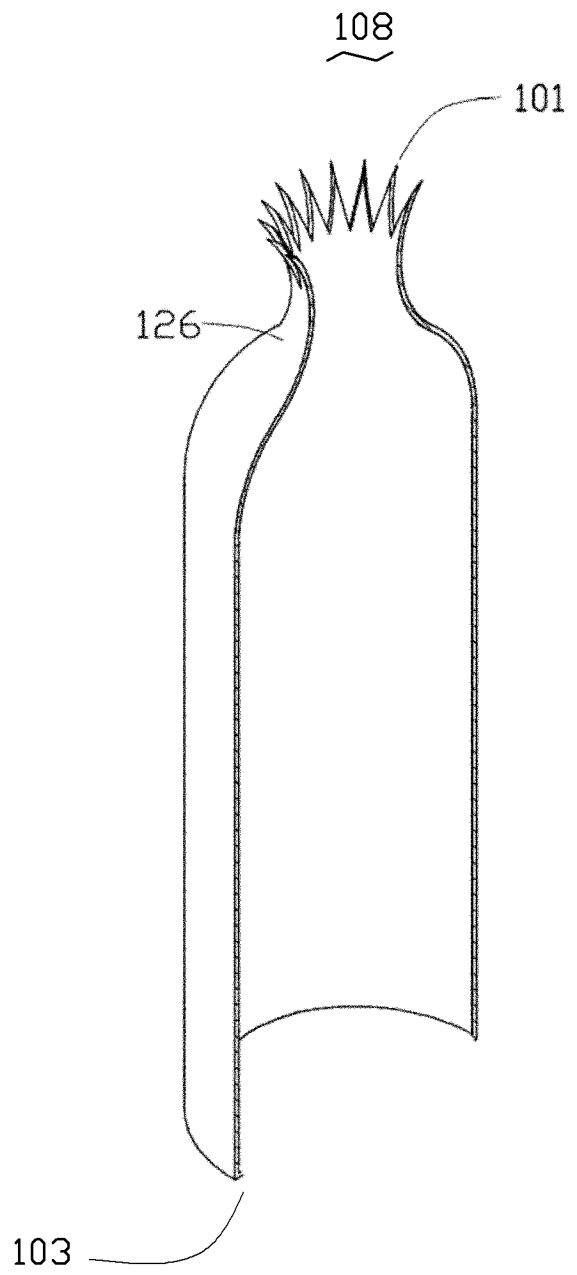


图 3

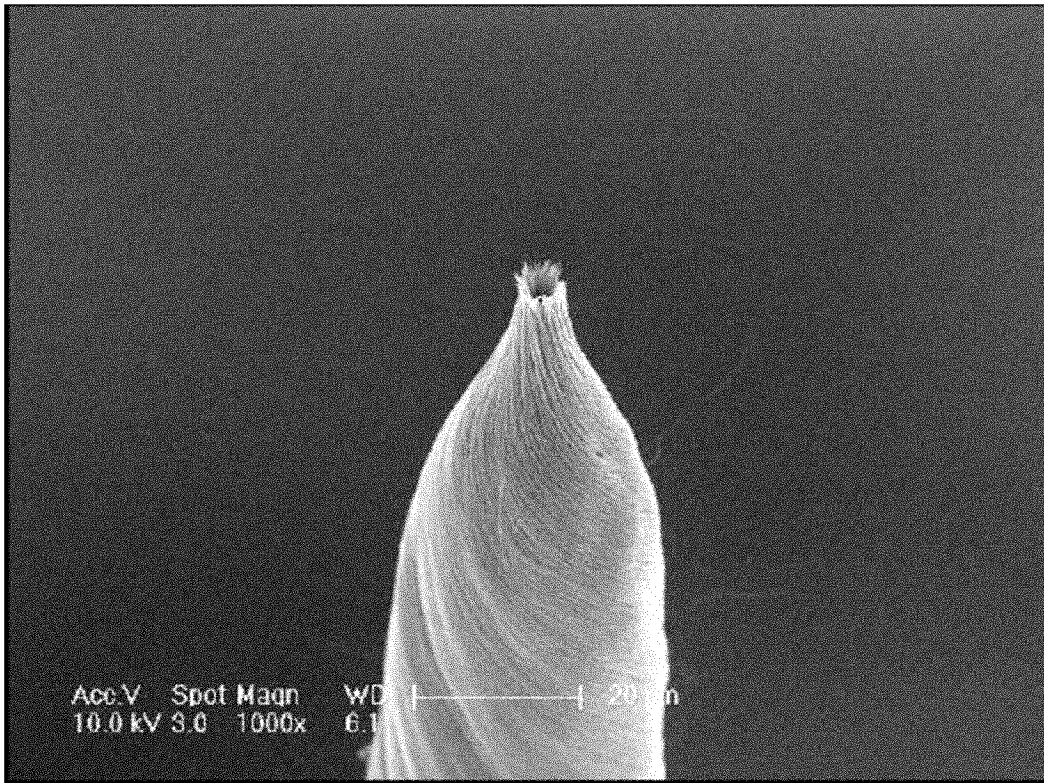


图 4

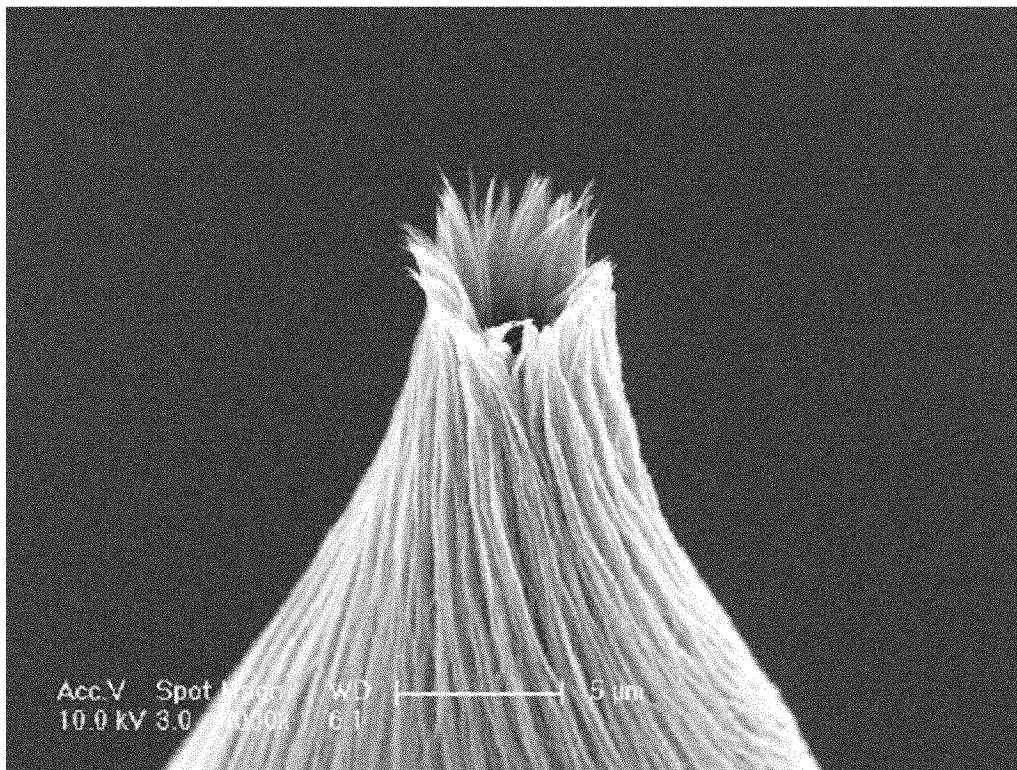


图 5

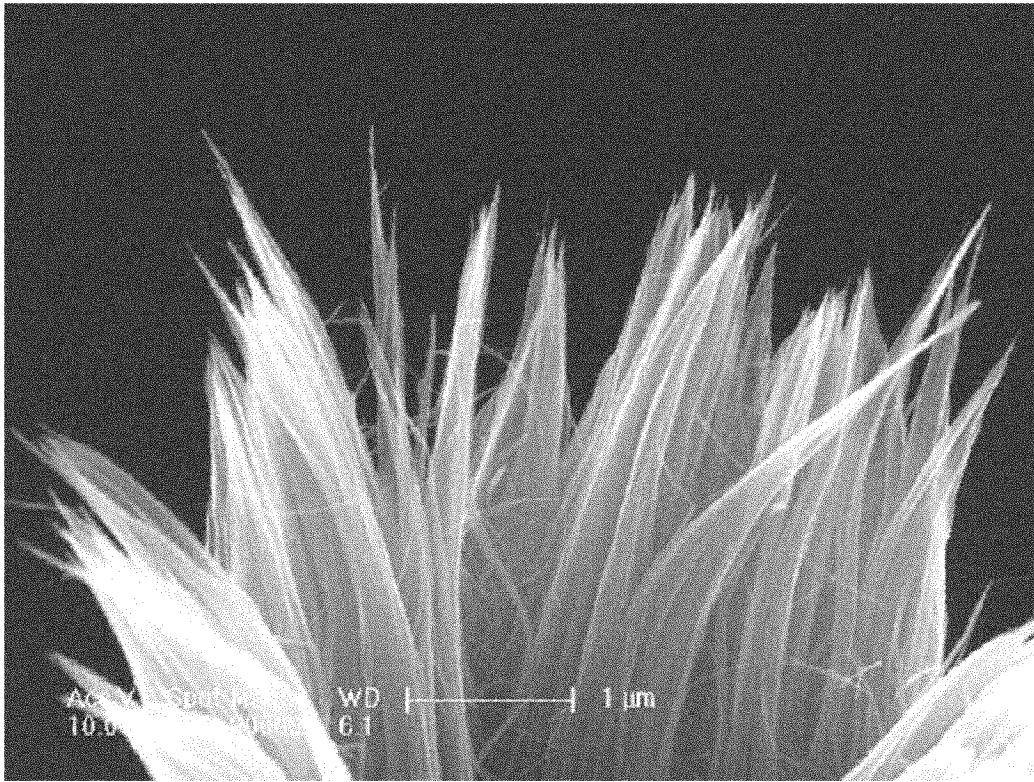


图 6

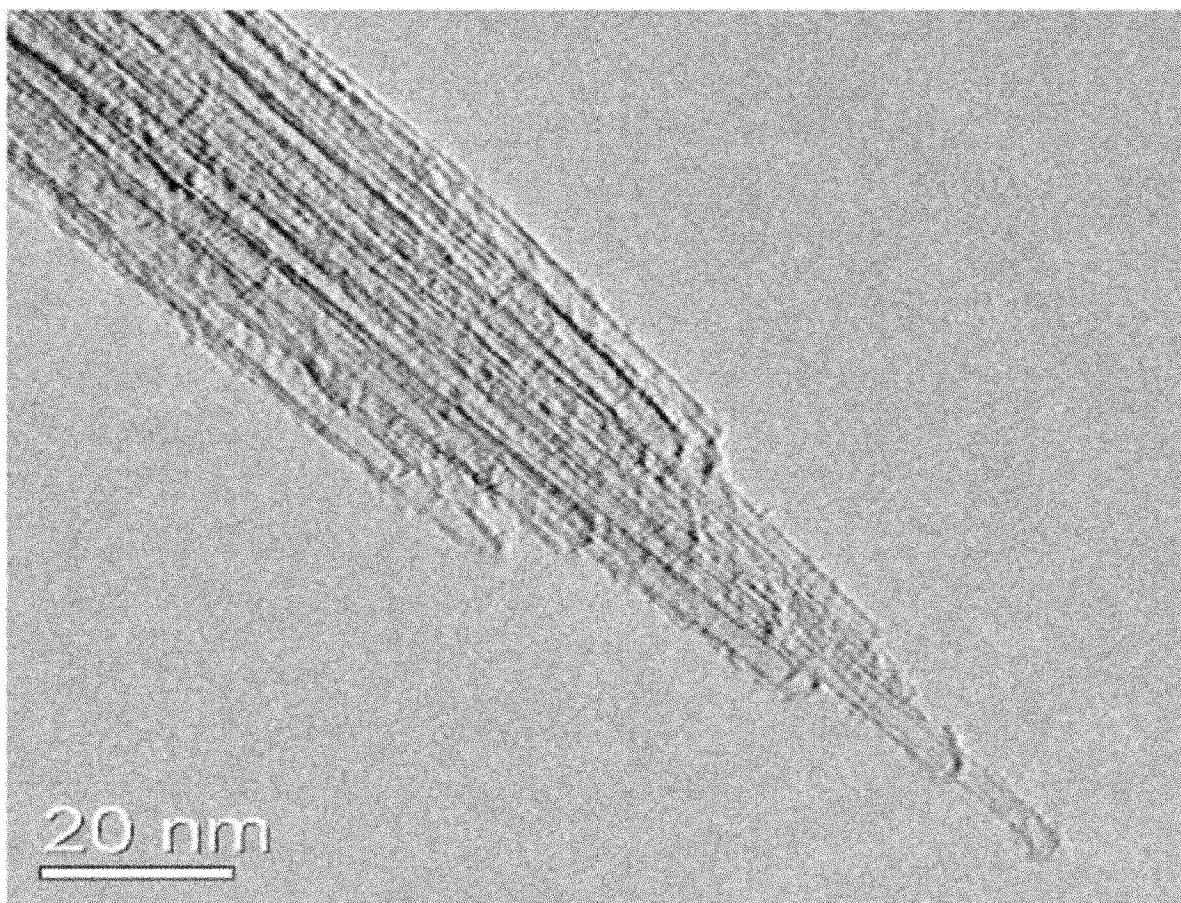


图 7

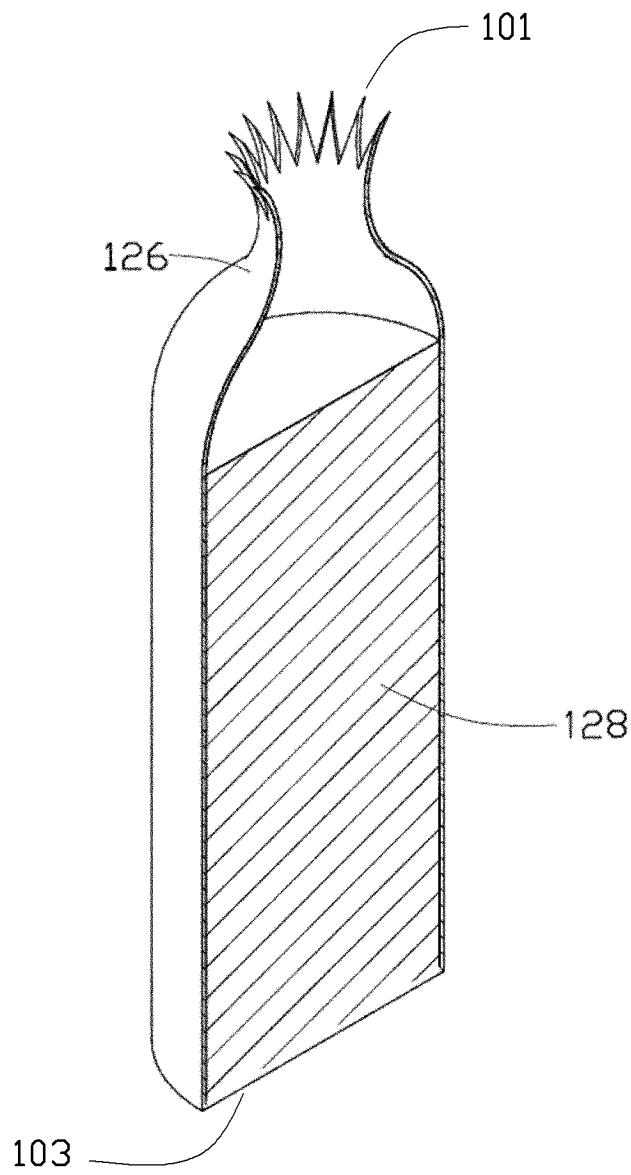


图 8

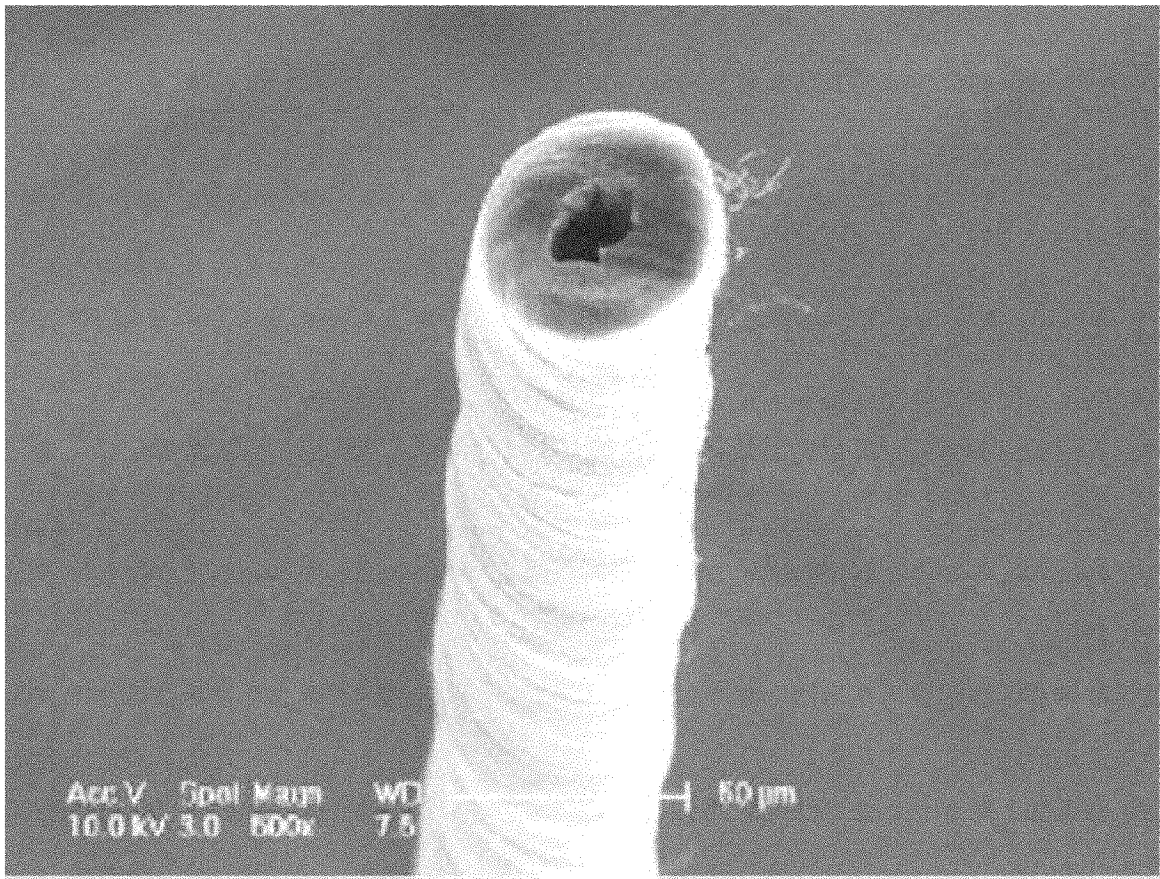


图 9

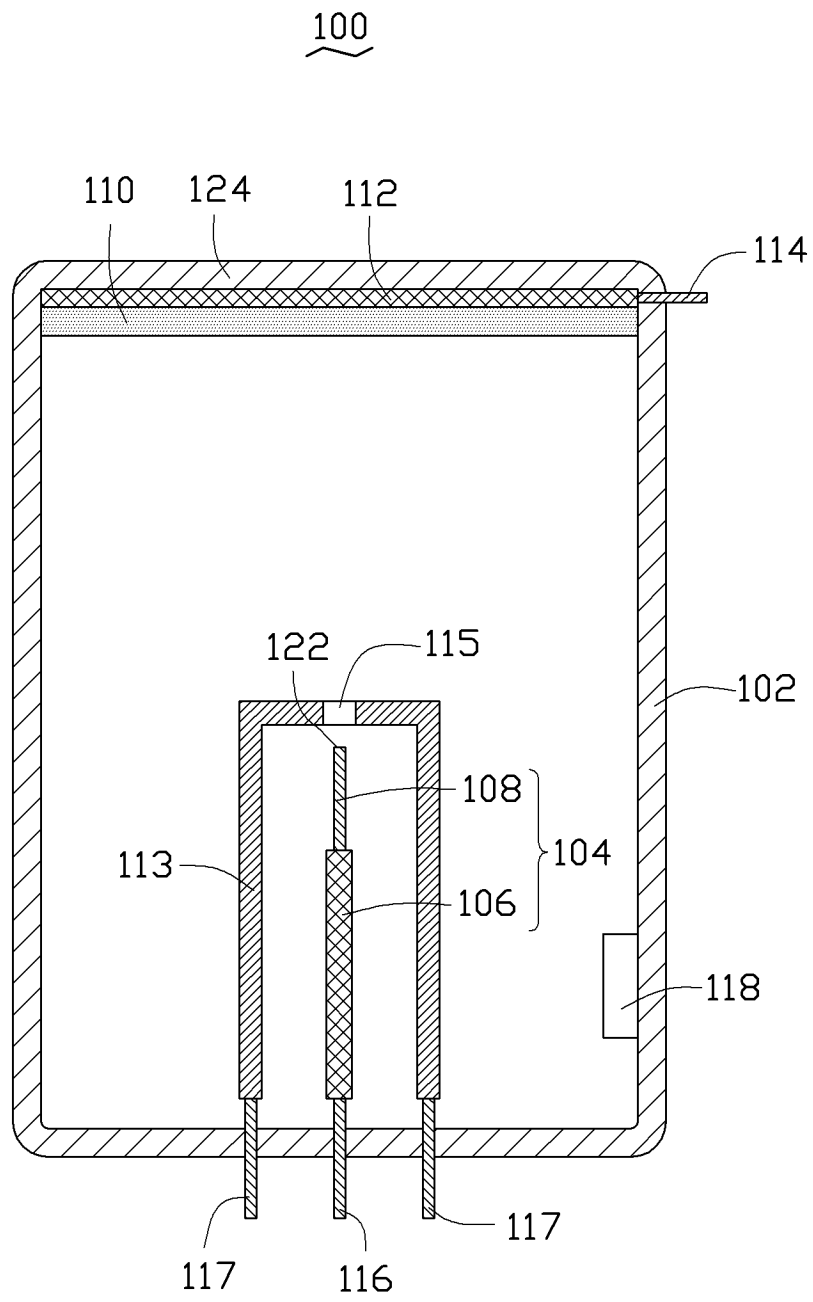


图 10

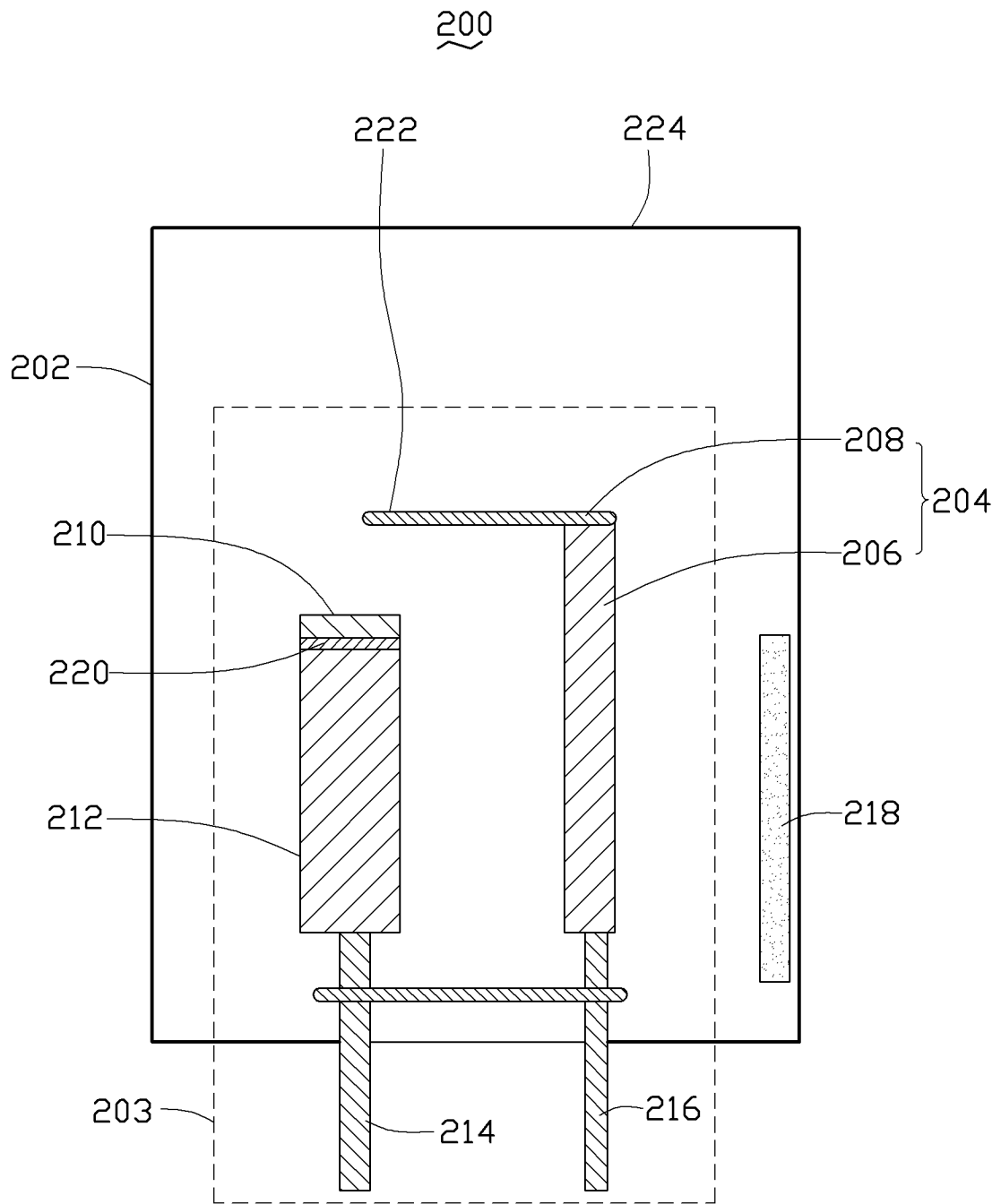


图 11

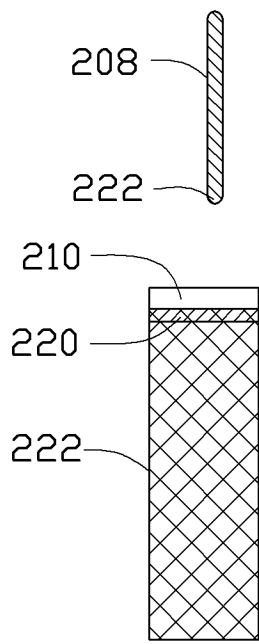


图 12

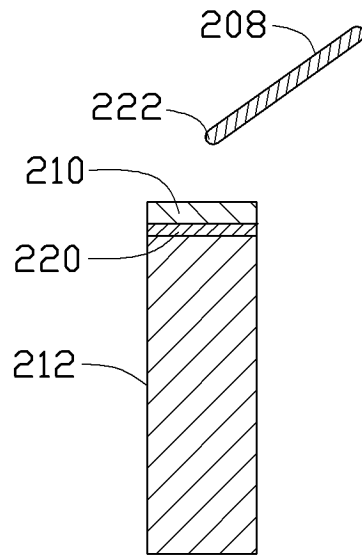


图 13

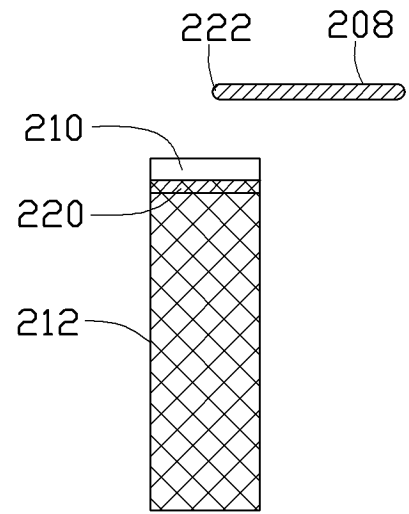


图 14

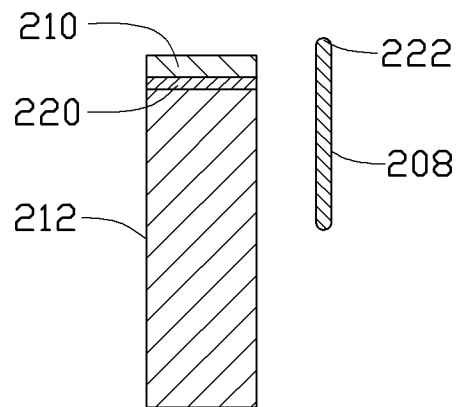


图 15

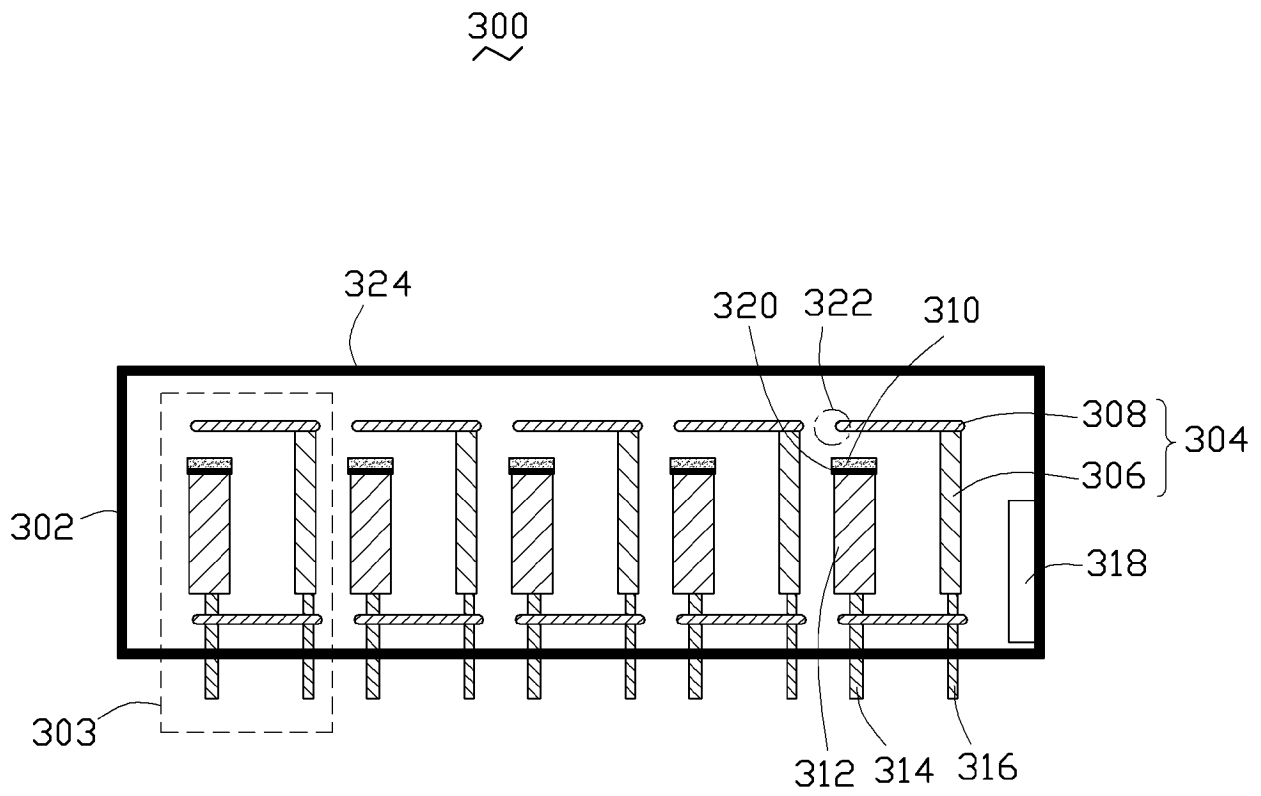


图 16

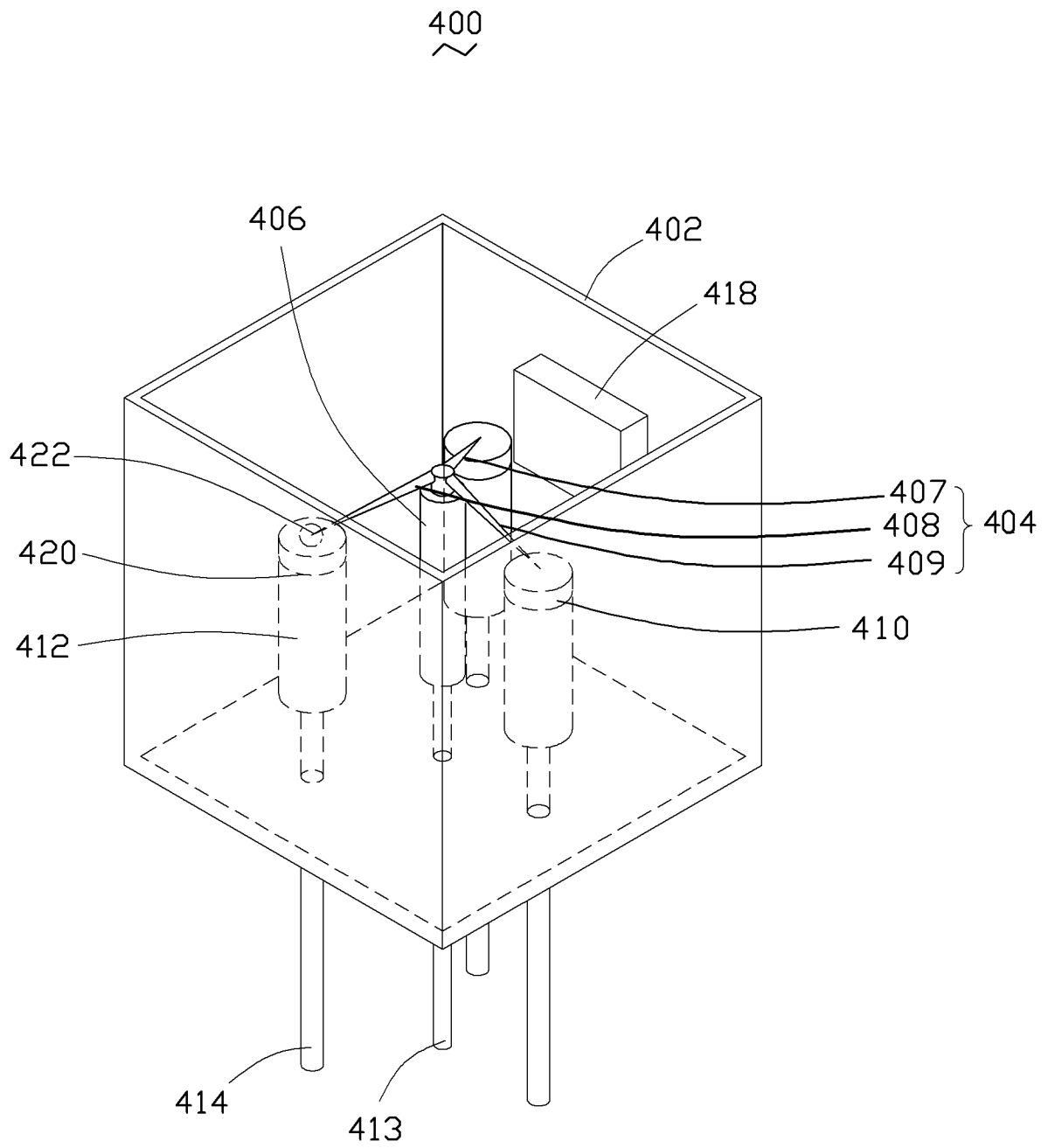


图 17

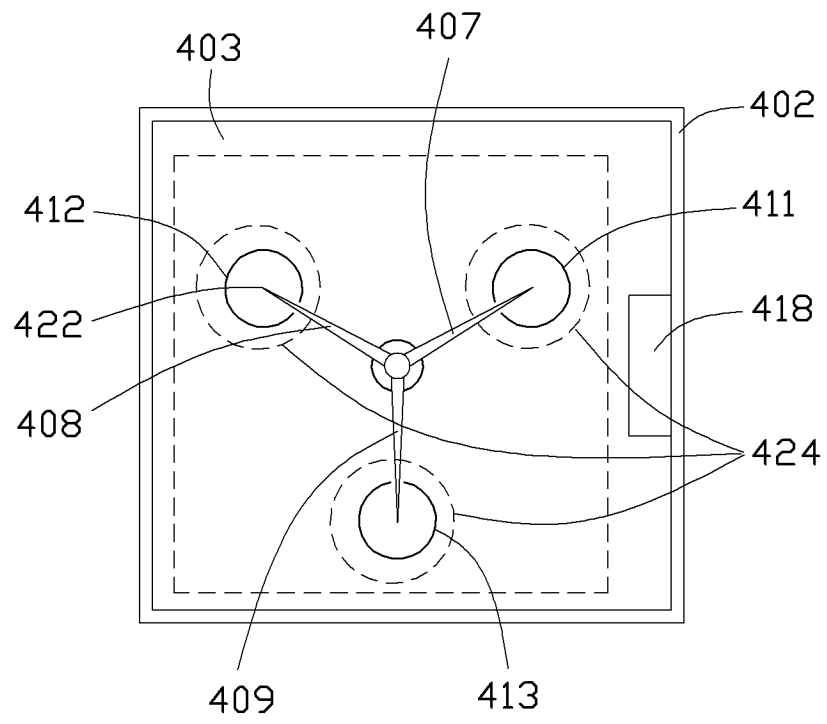


图 18