

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01J 1/304

H01J 9/02



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01104049.1

[45] 授权公告日 2005 年 1 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1185674C

[22] 申请日 2001.2.16 [21] 申请号 01104049.1

[30] 优先权

[32] 2000. 2. 16 [33] JP [31] 037672/2000

[71] 专利权人 伊势电子工业株式会社

地址 日本三重县

共同专利权人 日本真空技术株式会社

[72] 发明人 上村佐四郎 长回武志 余谷纯子

村上裕彦

审查员 刘 琼

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

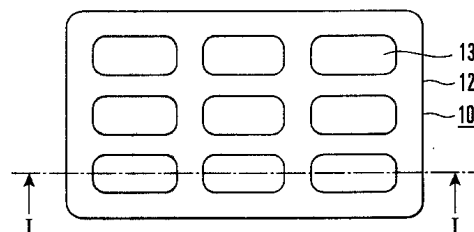
代理人 蹇 炜

权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 6 页

[54] 发明名称 电子发射源、电子发射模件、和制造电子发射源的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种电子发射源，包括衬底(11)，由含有一种金属的材料制成，该金属作为碳纳管纤维生长核的主要成分，并且在衬底上具有多个通孔(13)；该电子发射源还包括覆膜(12)，由在衬底的表面和通孔(13)的壁面(14)上形成的碳纳管纤维构成，其特征在于其中碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖通孔的内壁的表面。本发明还公开了一种制造上述电子发射源的方法。



ISSN 1008-4274

1. 一种电子发射源，包括：

衬底（11），由含有一种金属的材料制成，该金属作为碳纳管纤维生长核的主要成分，并且在所述衬底上具有多个通孔（13）；以及覆膜（12），由在所述衬底的表面和通孔（13）的壁面（14）上形成的碳纳管纤维构成，

其特征在于碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

2. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中所述通孔的直径为 0.05 至 0.2 毫米。

3. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中，所述衬底由铁和铁合金中的一种制成。

4. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中，所述覆盖金属衬底的整个表面并覆盖通孔的内壁表面的碳纳管纤维是弯曲的。

5. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中，所述衬底由从铁、镍、钴组成的族中所选的一种元素，或者包含从铁、镍和钴中所选的至少一种元素的合金制成。

6. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中，所述衬底形成栅状。

7. 根据权利要求 1 的电子发射源，其中，所述由碳纳管纤维形成的覆膜，其厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 到 $30\ \mu\text{m}$ ，每个碳纳管纤维粗不小于 10nm

而小于 $1\ \mu\text{m}$ ，并且长度不小于 $1\ \mu\text{m}$ 而小于 $100\ \mu\text{m}$ 。

8. 一种电子发射模件，包括：

衬底电极（106b）；

在真空环境中置于所述衬底电极上的电子发射源（10），以及
栅罩（106c），罩住所述电子发射源的外表面并且高压加在该栅罩和所述衬底电极之间，

所述电子发射源包括衬底（11）和覆膜（12），其中，衬底由含有一种金属的材料制成，该金属作为碳纳管纤维生长核的主要成分，并且衬底上具有多个通孔（13），而覆膜（12）是由在衬底表面和通孔壁面（14）上形成的碳纳管纤维构成的；

其特征在于碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

9. 根据权利要求 8 的电子发射模件，其中，

所述电子发射源的所述衬底由铁和铁合金中的一种制成，并且
所述电子发射源的碳纳管纤维是弯曲的，以覆盖在所述衬底的外露表面上。

10. 根据权利要求 8 的电子发射模件，其中所述通孔的直径为 0.05 至 0.2 毫米。

11. 一种制造电子发射源的方法，包括下列步骤：

把具有大量通孔（13）且由铁和铁合金中的一种制成的衬底（11）
放在含有预定浓度的碳化合物的原料气体的环境下，以及

加热衬底至预定温度，并使衬底保持预定的时间周期，以便从衬底
的表面和通孔的壁面生长碳纳管纤维，碳纳管纤维形成覆膜（12），

以覆盖在衬底的表面和通孔的内壁表面上，

其特征在于碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

12. 根据权利要求 11 的方法，其中，原料气体包括由作为碳导入气体的甲烷和作为生长促进气体的氢气组成的气体混合物。

13. 根据权利要求 11 的方法，其中，由碳纳管纤维构成的覆膜是通过使用热化学气相沉积装置来形成的。

14. 一种制造电子发射源的方法，包括下列步骤：

把具有大量通孔（13）且由从铁、镍、钴组成的族中选择的一种元素或包含从铁、镍、钴中选择的至少一种元素的合金制成的衬底（11）放在含有预定浓度的碳化合物的原料气体的环境下，以及

在平行电场的情况下，利用微波的辉光放电，在预定的时间周期内把原料气体等离子化为等离子体，以便从衬底的表面和通孔的壁面生长碳纳管纤维，碳纳管纤维形成覆膜，以覆盖在衬底的表面和通孔的内壁表面上；

其特征在于碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

15. 根据权利要求 14 的方法，在将所述衬底放在原料气体的环境下之前，还包括下列步骤：在氢气和惰性气体二者之一的预定压力环境下，在平行电场的情况下，利用微波的辉光放电，把氢气和惰性气体之一等离子化，从而使用离子轰击来净化和活化衬底的外露表面。

16. 根据权利要求 14 的方法, 其中, 原料气体包括由作为碳导入气体的甲烷和作为生长促进气体的氢气组成的气体混合物。

17. 根据权利要求 14 的方法, 其中, 由碳纳管纤维构成的覆膜是通过使用微波等离子体化学气相沉积装置来形成的。

电子发射源、电子发射模件、和制造电子发射源的方法

技术领域

本发明涉及一种电子发射源，特别涉及一种电子发射的均匀性得到提高的场致发射型电子发射源，一种电子发射模件，和一种制造电子发射源的方法。

背景技术

近年来，使用碳纳管的场致发射型电子发射源(field emission type electron-emitting source)作为诸如 FED (场致发射显示器) 或真空荧光显示器的荧光显示设备中的电子发射源而受到重视。在碳纳管中，石墨单层呈圆柱形闭合，而且在该圆柱末端形成一个 5-节环。由于碳纳管的直径一般都小到 10nm 至 50nm，施加的电场约为 100V，所以它可从其末端场致发射电子。碳纳管可分为具有上述单层结构和具有同轴多层结构的碳纳管，在同轴多层结构的碳纳管中，层叠形成套筒式结构的多个石墨层呈圆柱形闭合。这两种碳纳管中的任意一种都可用来形成电子发射源。

使用传统典型碳纳管的场致发射型电子发射源由排列了许多碳纳管的平面衬底电极形成。当高压加在该衬底电极和与其相对的网状电子析取电极之间时，电场集中在碳纳管的末端，以便由此发射电子。为此希望衬底电极上的碳纳管具有与衬底面垂直的末端。如果电子发射的均匀性不好，亮度就会不均匀。因而希望碳纳管均匀地排列在衬底电极上。

为形成这种电子发射源而提出了一种利用 CVD (化学气相沉积) 直接在平面衬底上形成碳纳管的方法。依据此方法可以制造一种电子

发射源，该电子发射源是由从衬底面垂直伸出且在衬底上均匀形成的碳纳管构成的。

然而，在通过碳纳管直接形成于衬底面上而获得的传统电子发射源中，有时存在诸如凸起或凹陷的不连续区。在这种情况下，如果施加平行电场来获得场致电子发射，那么电场被集中在这种不连续区将引起局部电子发射，从而导致荧光显示设备上的亮度不均匀。

当提高场强来增加亮度时，局部区域的电子发射密度超过可允许的极限将击穿该局部区域，并且围绕着该击穿区域形成一个新的电场集中区。因而会发生链式击穿。在场致电子发射实际应用于荧光显示设备时，这是一个最大的问题。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种可获得大电流密度的均匀场致电子发射的电子发射源、一种电子发射模件、和一种制造电子发射源的方法。

本发明的另一个目的是提供一种在场强增加时不会引起链式击穿的电子发射源、一种电子发射模件、和一种制造电子发射源的方法。

根据本发明的一个方面，提供了一种电子发射源，包括：衬底，由含有一种金属的材料制成，该金属作为碳纳管纤维生长核的主要成分，并且在所述衬底上具有多个通孔；以及覆膜，由在所述衬底的表面和通孔的壁面上形成的碳纳管纤维构成，其中碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

根据本发明的另一方面，提供了一种电子发射模件，包括：衬底电极；在真空环境中置于所述衬底电极上的电子发射源，所述电子发射源包括由衬底和覆膜，其中，衬底由含有一种金属的材料制成，该金属作为碳纳管纤维生长核的主要成分，并且衬底上具有多个通孔，而覆膜是由在衬底表面和通孔壁面上形成的碳纳管纤维构成的；以及

栅罩，罩住所述电子发射源的外表面并且高压加在它和所述衬底电极之间，其中碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

根据本发明的又一方面，提供了一种制造电子发射源的方法，包括下列步骤：把具有大量通孔且由铁或铁合金之一制成的衬底放在含有预定浓度的碳化合物的原料气体的环境下，以及加热衬底至预定温度，并使衬底保持预定的时间周期，以便从衬底的表面和通孔的壁面生长弯曲状态的碳纳管纤维，从而形成覆膜，以覆盖在衬底的表面和通孔的壁面上，其中碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

根据本发明的又一方面，提供了一种制造电子发射源的方法，其特征在于包括下列步骤：把具有大量通孔且由从铁、镍、钴组成的族中选择的一种元素和至少含有从铁、镍、钴中选择的一种元素的合金这二者之一制成的衬底放在含有预定浓度的碳化合物的原料气体的环境下，以及在平行电场的情况下，利用微波的辉光放电，在预定的时间周期内把原料气体等离子化为等离子体，以便从衬底的表面和通孔的壁面基本上垂直地生长碳纳管纤维，从而形成覆膜，以覆盖在衬底的外露表面上；其中碳纳管纤维覆盖金属衬底的整个表面，并覆盖所述通孔的内壁的表面。

附图说明

图 1A 是根据本发明第一实施例的电子发射源的俯视图；

图 1B 是沿着图 1A 所示电子发射源的直线 I-I 所取的剖面图；

图 2 是在图 1A 和 1B 所示电子发射源的衬底上形成的覆膜的电子显微照片；

图 3 是在图 1A 和 1B 所示电子发射源的衬底上形成的覆膜的放大电子显微照片；

图 4 是表示图 1A 和 1B 所示电子发射源的电子发射密度的分布图；

图5是应用了图1A和1B所示电子发射源的真空荧光显示器的纵向剖面图；

图6是表示形成图1A和1B所示电子发射源覆膜的制造设备的配置示意图；

图7是在构成基于本发明第二实施例的电子发射源的衬底面上所形成的覆膜的电子显微照片；

图8是电子显微照片，表示图7所示的纳管纤维的形状；以及

图9是表示形成第二实施例的电子发射源覆膜的制造设备的配置示意图。

具体实施方式

下面参考附图详细描述本发明。

图1A和1B表示根据本发明第一实施例的电子发射源。如图1A所示，电子发射源10具有栅状衬底（以下称作衬底）11和覆膜12，其中衬底11由作为主要部分的纳管纤维的生长核使用的金属制成，并且具有大量的通孔13，而覆膜12是由纳管纤维构成的，纳管纤维覆盖了衬底11的表面上所形成的金属栅部分的表面（外露表面）和通孔13的壁表面14。

衬底11由铁或铁合金制成，且厚度为0.05mm至0.20mm。宽0.05mm至0.20mm的方形通孔13排列成矩阵，以形成栅状衬底11。通孔13的排列并不局限于此，而可以是任意类型，以尽量使覆膜12在衬底11上的分布变得均匀。通孔13的开口形状并不限于方形，而且通孔13的开口尺寸不必相同。

例如，通孔13的开口可以是椭圆或圆形，或是诸如三角形、四边形或六边形的多边形，或者是通过使这些多边形的角呈圆形而呈现的形状。衬底11的金属部分的纵截面形状并不限于图1B所示的方形，而可以是任意形状，如由曲线构成的圆或椭圆，诸如三角形、四边形

或六边形的多边形，或者是通过使这些多边形的角呈圆形而呈现的形状。尽管衬底 11 的厚度为 0.05mm 至 0.20mm 且通孔 13 的宽度为 0.05mm 至 0.20mm，但本发明并不局限于这些。

构成覆膜 12 的纳管纤维粗大于等于约 10nm 而小于 $1\mu\text{m}$ ，并且长度大于等于 $1\mu\text{m}$ 而小于等于 $100\mu\text{m}$ ，而且是由碳制成的。如果纳管纤维是单层碳纳管，并且在每个单层碳纳管中，石墨单层呈圆柱形闭合，且一个 5-节环在该圆柱末端形成，那么纳管纤维是能够满足需要的。另外，纳管纤维也可以是同轴多层碳纳管，在每个同轴多层碳纳管中，多个石墨层叠加形成一种套筒式结构，并且是分别呈圆柱形闭合的空心石墨管，或是填充了碳的石墨管，每个空心石墨管具有无序结构而会产生缺陷。另外，纳管可混合地具有这些结构。

上述每个纳管纤维的一端与衬底 11 的表面或通孔 13 的壁面 14 连接，并且如图 2 和 3 所示，每个纳管纤维卷曲且与其它纳管纤维缠在一起，以覆盖在构成栅的金属部分的表面上，从而形成棉纱状覆膜 12。覆膜 12 以 $10\mu\text{m}$ 到 $30\mu\text{m}$ 的厚度覆盖在厚度为 0.05mm 至 0.20mm 的衬底上，以形成光滑的曲面。图 2 和 3 所示为电子显微照片，其中覆盖在衬底 11 上的覆膜 12 分别放大了 600 倍和 60,000 倍。

下面参考图 4 描述具有此配置的电子发射源的电子发射的均匀性。在图 4 中，图 5 所示真空荧光显示器阴极组件 106 的电子发射的均匀性由 X 及 Y 方向上每隔 $40\mu\text{m}$ 标出的测量点的电流密度来表示。本图所示电流密度的范围是 0 mA/cm^2 到 15 mA/cm^2 。图 4 所示的电子发射密度的均匀性对应于由传统的涂敷氧化物灯丝形成的热阴极的相应项。这验证了本发明的电子发射源的有效性。

如图 5 所示，在此方案中使用的阴极组件 106 包括：陶瓷衬底 106a、由装在陶瓷衬底 106a 上中心区的直角平行六面体的不锈钢帽所形成的衬底电极 106b、置于衬底电极 106b 上的电子发射源 10、和固定在陶瓷衬底 106a 上以罩住衬底电极 106b 和电子发射源 10 的直

角平行六面体的不锈钢栅罩 106c。栅罩 106c 在其与电子发射源 10 相对的上表面的中心区域有一个圆拱形的网状栅 106d, 其长轴为 6mm 且短轴为 4mm。

在这种配置中, 当高压加到置于真空阴极组件 106 的衬底电极 106b 和栅罩 106c 之间时, 从电子发射源 10 析取的电子通过与电子发射源 10 相对的栅罩 106c 的网状栅 106d 发射。

电子发射源 10 点焊到用作阴极的衬底电极 106b 上, 并且电子发射源 10 和网状栅 106d 的距离设为 0.4mm。网状栅 106d 由直径为 20- μm 的大量通孔构成。此方案的执行过程如下: 把阴极组件 106 置于 $1.1 \times 10^{-6} \text{pa}$ 的真空中; 设置衬底电极 106b 为 0V; 并把脉冲宽度为 150 μsec 且频率为 100Hz 的 2,950 V 正电压加到栅罩 106c 上。

下面将描述用于测定上述电子发射源的电子发射均匀性的真空荧光显示器。如图 5 所示, 在应用了本发明电子发射源的真空荧光显示器中, 玻璃面板部件 102 利用与低熔点熔结玻璃的粘合而固定在圆柱形玻璃管 101 上, 从而形成一个真空容器(罩)。荧光屏 104、阳极组件 105 和形成电子发射部分的阴极组件 106 设置在这个真空容器中。

玻璃面板部件 102 在其前表面的中心部分具有凸透镜状的球形部分 102a, 并且在其周边具有凸缘状的台阶部分 102b。玻璃面板部件 102 的内表面涂有发射白光的 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb} + \text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$ 磷混合物, 从而形成荧光屏 104。在荧光屏 104 的表面形成厚度约为 150nm 的 AL 金属背膜 107。玻璃面板部件 102 的内部周边部分局部形成凹槽(未示出)。在这个凹槽中不形成荧光屏 104, 而形成 AL 金属背膜 107。

弹性不锈钢接触片 107a 的一端插在这个凹槽中, 并且借助由碳或银和熔结玻璃的混合物组成的导电粘合材料的粘合而固定在 AL 金属背膜 107 上。接触片 107a 的另一端伸到玻璃管 101 的内壁面。玻璃面板部件 102 通过利用其凸缘状台阶部分 102b 而安装在直径约

20mm 且长约 50mm 的玻璃管 101 的开口中，并且通过利用低熔点熔结玻璃 103 的粘合而固定在那里。

玻璃管 101 的底部由与排气管 108a 一体形成的玻璃芯柱(stem) 108 构成，并且引脚(lead pin)109a 至 109c 插入玻璃芯柱 108 中。阳极引线 110 的一端通过焊接固定在引脚 109a 的内部末端，且另一端通过焊接固定在圆柱形阳极组件（电子加速电极）105 上，其中圆柱形阳极组件 105 固定在玻璃管 101 的上部。

阳极组件 105 由环状阳极 105a 和圆柱形阳极 105b 组成，其中环状阳极 105a 是通过把不锈钢制成的且线直径约为 0.5mm 的金属线弯成环形而形成的，而圆柱形阳极 105b 是通过把厚 0.01mm 至 0.02mm 的矩形不锈钢板卷绕在环状阳极 105a 的外圆周面上并在两个点上焊接其重叠部分而形成的。

接触片 107a 的一端固定在 AL 金属背膜 107 上。接触片 107a 的另一端与圆柱形阳极 105b 的外表面接触。环状阳极 105a 在预定的部分与阳极引线 110 的末端焊接，并且圆柱形阳极 105b 在其内侧与阳极引线 110 的最末端焊接。Ba 吸气器 105c 通过焊接与部分环状阳极 105a 连接。

阴极引线 111b 和 111c 每个都有一段通过焊接固定在引脚 109b 和 109c 中的相应一个引脚的内部末端上，并且另一端通过焊接固定在阴极组件 106 的相应预定部分。具体来说，构成阴极组件 106 一部分的帽状衬底电极 106b 通过将其焊脚(未示出)穿过在陶瓷衬底 106a 中形成的通孔而从陶瓷衬底 106a 向下伸出，从而连接在陶瓷衬底 106a 上。衬底电极 106b 的焊脚焊接到阴极引线 111c 的另一端。阴极引线 111b 的另一端焊接到构成阴极组件 106 一部分的栅罩 106c 上。

图 5 没有示出阳极组件 105、阳极引线 110、阴极引线 111b 和 111c、引脚 109a 至 109c 和排气管 108a 的截面。

下面将描述具有上述配置的真空荧光显示器的工作过程。

首先,外部电路加电压给引脚 109b 和 109c,以通过阴极引线 111b 和 111c 把高压加到衬底电极 106b 和栅罩 106c 之间。由此,电场均匀地施加到纳管纤维上,纳管纤维构成衬底电极 106b 上的电子发射源 10 的覆膜 12,这样电子被从纳管纤维中析取并从栅罩 106c 的网状栅 106d 发射。

同时,外部电路把高压加到引脚 109a,以把高压经阳极引线 110 → 阳极组件 105 (圆柱形阳极 105b) → 接触片 107a 施加给 AL 金属背膜 107。从网状栅 106d 发射的电子由圆柱形阳极 105b 加速以通过 AL 金属背膜 107 轰击荧光屏 104。结果,荧光屏 104 通过电子轰击而被激发并发射对应于构成荧光屏 104 一部分的荧光粉的色光。荧光屏 104 产生的光通过玻璃面板部件 102 发射,并且从前面的球面部分 102a 发射,以通过光发射进行显示。

在上面的描述中,该电子发射源应用到了圆柱形真空荧光显示器。然而,本发明并不局限于此,该电子发射源也可作为平面真空荧光显示器或 FED 的电子源来使用。在这种情况下,衬底尺寸可以增加,并且可安装具有相同尺寸的多个衬底。当显示一个固定图形时,衬底的形状可根据希望的图形而改变。当衬底尺寸增加时,使用少量的电子发射源就可以增加显示面的面积,从而导致生产成本降低。当安装多个衬底或者衬底形状根据该图形而改变时,电压可仅仅加到必要的电极上,以减少不必要的电子发射,从而降低功耗。

根据本实施例,构成电子发射源的栅状衬底由于覆有弯曲或缠绕的纳管纤维而使其表面光滑,所以电场被均匀地施加。当这种栅状衬底用于形成荧光显示设备的电子源时,场致发射电子不是从特定部分的纳管纤维发射,而是均匀地从纳管纤维发射。结果,由电子辐射引起的荧光屏的光发射密度的分布变得非常均匀,从而提高了显示质量。

而且,用于获得与传统情况相同亮度的荧光屏的电子辐射密度可被均匀地降低。因此不会出现在电子辐射不均匀时产生的在辐射电流过大的区域的光发射效率降低的前述问题,并且可以获得长寿命、高效率且高质量的表面发射。

下面将描述制造上述电子发射源的方法。

首先将描述衬底 11。最好是,形成衬底 11 的材料导电且含有用作产生纳管纤维的催化剂的材料。满足这些条件的材料包括从铁、镍和钴中选择的一种元素,或是至少包含从铁、镍和钴中选择的一种元素的合金。当使用随后将描述的热 CVD (化学气相沉积) 时,由碳制成的纳管纤维覆膜 12 仅仅在底层金属是由铁或铁合金制成时才形成。因此使用铁或一种铁合金。

当选择铁时,则使用工业纯铁 (Fe 的纯度为 99.96%)。这个纯度并不是专门规定的,也可以是诸如 97% 或 99.9%。对于铁合金而言,则可以使用诸如 SUS304 的不锈钢、42 号合金或 42-6 号合金等。但是,本发明并不局限于这些。考虑到生产成本和可利用性,本实施例使用 0.05mm 至 0.20mm 厚的 42 6 号合金薄板。

下面将描述如何使衬底 11 形成栅形。栅状衬底 11 是通过常规的光刻制成的。首先,光致抗蚀膜在铁或铁合金薄板上形成,接着利用具有所需图形的掩模在光或紫外线下曝光,并显影,从而形成具有所需图形的抗蚀膜。接着,该薄板浸入蚀刻溶液中,以除去其不需要的部分。之后去掉抗蚀膜并清洗薄板。

在这种情况下,如果在薄板一面的抗蚀膜上形成图形而另一面的抗蚀膜原封不动,则构成栅的金属部分的截面形状变为梯形或三角形。如果在两面的抗蚀膜上形成图形,则截面形状变为六边形或菱形。以此方式,截面形状可根据制造方法和制造条件而改变,并且可以是任意形状。在光刻之后可以进行电抛光以获得弯曲的截面。

下面将描述如何形成覆膜 12。根据本方法,通过热 CVD 在衬底

11 上形成纳管纤维覆膜 12。首先将描述用于形成覆膜 12 的热 CVD 装置。如图 6 所示, 这种热 CVD 装置是一种采用红外线灯加热的常压 CVD 装置, 并且具有反应容器 201、排气单元 202、红外线灯 203 和供气单元 204。

反应容器 201 是一个可抽真空的高压容器, 并且通过进气管 207 与供气单元 204 连接, 还通过排气管 206 与排气单元 202 连接。用于把衬底 11 放在上面的衬底支架 205 固定在反应容器 201 中。与衬底支架 205 相对的反应容器 201 的上表面有一个使用石英板的石英窗 211, 并且红外线灯 203 放置在石英窗 211 的外面。压力传感器 215 连接在反应容器 201 上, 以测量反应容器 201 中的压力。

排气单元 202 具有一个真空泵(未示出)和一个用于给真空泵设旁路的旁通管。排气单元 202 在处理之前和之后利用真空泵把反应容器 201 的内部抽真空以清除不必要的气体, 并且在处理期间通过旁通管排放原料气体。当然, 外面的空气不应从排气口进入排气单元 202, 而且排放的原料气体必须处理成无害的。

红外线灯 203 与反射镜 217 一起连在反应容器 201 的上部, 并且红外线灯 203 的红外线通过石英窗 211 辐射到衬底 11, 从而加热衬底 11。用于测量衬底 11 的温度的温度传感器(未示出)连在衬底支架 205 上, 并且用来控制衬底 11 的温度。供气单元 204 能够以预定的流速提供彼此独立的多种气体(气体 A 和 B), 并将它们混合, 且把气体混合物导入反应容器 201。

下面将描述如何用具有此配置的热 CVD 装置来形成覆膜 12。

甲烷和氢气分别作为碳导入气体和生长促进气体使用。因此, 要做的准备工作是使热 CVD 装置的供气单元 204 可以提供甲烷和氢气。之后, 衬底 11 固定在衬底支架 205 上, 并且反应容器 201 的内部通过排气单元 202 抽真空至约 1Pa 的压力。

打开红外线灯 203 来加热衬底 11, 并且将其稳定在一个预定的温

度。按预定比例混合甲烷气和氢气而形成的气体混合物由供气单元 204 导入反应容器 201。在提供该气体混合物的情况下，反应容器 201 的内部在 1atm 保持一个预定的时间周期，以在衬底 11 的表面和构成栅的金属部分的壁面（通孔 13 的壁面 14）上生长纳管纤维覆膜 12。在形成覆膜 12 时，衬底 11 被加热至 850℃，甲烷气和氢气是按甲烷气浓度为 30%来提供的，并且反应容器 201 的内部保持在 1atm。这种状态保持 60 分钟。

当经过预定的时间周期之后，氢气和甲烷气的供应停止，红外线灯 203 关闭，并且反应容器 201 的内部抽真空至压力约为 1Pa。反应容器 201 的内部随后恢复到大气压，并且拿走已形成纳管纤维覆膜 12 的衬底 11。通过该过程，纳管纤维就象弯曲的绳子一样从衬底 11 的表面和构成栅的金属部分的壁面（通孔 13 的壁面 14）生长，并且形成具有由纳管纤维形成的光滑表面的覆膜 12。

根据此方法可以形成没有诸如凸起或凹陷的不连续区域的场致发射型电子发射源，电场集中在这些不连续区域引起局部电子发射。因此可制造一种电子发射源，它能够获得大电流密度的均匀场致发射，且不易引起因局部电场集中而产生的击穿。

尽管使用甲烷气体作为碳导入气体使用，但本发明并不局限于此，而是也可以使用其它含碳的气体。例如，可使用一氧化碳作为碳导入气体。在这种情况下，衬底 11 可加热至 650℃，一氧化碳和氢气可按一氧化碳浓度为 30%来提供，并且反应容器 201 的内部可保持在 1atm。这种状态可保持 30 分钟。另外，也可以使用二氧化碳作为碳导入气体。在这种情况下，衬底 11 可加热至 650℃，二氧化碳和氢气可按二氧化碳浓度为 30%来提供，并且反应容器 201 的内部可保持在 1atm。这种状态保持 30 分钟。

下面将描述根据本发明第二实施例的电子发射源。

本实施例的电子发射源包括衬底 11、和按照与图 1A 和 1B 所示的

第一实施例相同的方式覆盖在形成栅的金属部分上的碳纳管纤维覆膜 12。如图 7 和 8 所示，第二实施例不同于第一实施例的地方在于衬底 11 是由从铁、镍和钴中选择的一种元素，或是至少包含从铁、镍和钴中选择的一种元素的合金制成，并且不同的地方还在于构成覆膜 12 的纳管纤维不是弯曲的，而是从衬底 11 的表面和形成栅的金属部分的壁面基本上垂直地伸出。当把形成栅的金属部分作为一个例子时，垂直伸出意味着从金属部分的上表面向上伸出，从金属部分的下表面向下伸出，且从金属部分的侧面水平伸出。

图 7 是放大 200 倍俯拍的覆有纳管纤维的衬底 11 的表面的电子显微照片。由于纳管纤维是从衬底 11 的表面大体垂直向上形成的，所以在图 7 中它们看起来象是白点。图 8 是放大 10,000 倍从上面斜拍的覆有纳管纤维的衬底 11 的表面的电子显微照片。图 8 表示覆有大体垂直的纳管纤维的覆膜 12 的衬底 11 的表面。

根据本发明，纳管纤维大体垂直于衬底 11 的表面而形成。当高压加到纳管纤维和与衬底 11 相对的电极之间时，电场集中在纳管纤维的末端，并且电子从纳管纤维的末端场致发射。在这种情况下，由于纳管纤维围着构成栅的金属部分均匀生长，所以形成的电子发射源表面光滑。因此可以获得大电流密度的均匀的场致电子发射，并且不易出现因局部电场集中而造成的击穿。而且，由于电子发射部分形成栅，所以即使由于局部电场集中而发生击穿，它也不易导致链式击穿。

同样，在本实施例中，通孔 13 的排列、通孔 13 的开口形状、和衬底 11 的栅部分的截面形状并不限于图 7 和 8 所示的那些。如果覆膜 12 的膜厚约为 $10\ \mu\text{m}$ 到 $30\ \mu\text{m}$ ，并且是由每个粗约为大于等于 10nm 且小于等于 $1\ \mu\text{m}$ 的碳纳管纤维构成，那么它能够满足需要。

下面将描述制造上述电子发射源的方法。根据此方法，碳纳管纤维覆膜 12 通过微波等离子体 CVD 而在衬底 11 上形成，以制造电子发射源。利用微波等离子体 CVD，碳纳管纤维覆膜 12 的形成并不仅仅

限于衬底 11 是由铁或铁合金制成的情况。任何材料，只要它是从铁、镍和钴中选择的一种元素，或是至少包含从铁、镍和钴中选择的一种元素的合金，那么就可以使用这种材料。在本实施例中，与第一实施例所展示的方式相同，考虑到生产成本和可利用性而使用 0.05mm 至 0.20mm 厚的 42-6 号合金薄板，因此将省去对其的详细描述。

下面将描述如何形成覆膜 12。根据本方法，通过微波等离子体 CVD 而在衬底 11 上形成纳管纤维覆膜 12。首先将描述用于形成覆膜 12 的微波等离子体 CVD 装置。如图 9 所示，这种微波等离子体 CVD 装置包括：反应容器 301、真空排气单元 302、微波功率源 303、偏压电源 304、和供气单元 305。

在金属制成的反应容器 301 中，下电极 308 和上电极 309 以预定的间隙排列，以彼此平行。下电极 308 和上电极 309 分别连接偏压电源 304 的负极侧和正极侧。在反应容器 301 的侧壁，在作为下电极 308 和上电极 309 中间所夹区域的延伸部分的位置上配备了一对使用石英板的相对的石英窗 311 和 312。石英窗 311 的外侧通过波导管 313 连接微波功率源 303，并且石英窗 312 的外侧与波导管 314 的一个闭口端连接。

反应容器 301 通过排气管 306 与真空排气单元 302 连接，并且其内部由真空排气单元 302 抽真空。反应容器 301 还通过进气管 307 与供气单元 305 连接，并且从供气单元 305 提供的气体被导入抽真空的反应容器 301。压力传感器 315 连接到反应容器 301 上，以测量反应容器 301 中的压力。

真空排气单元 302 排出供气单元 305 供给的气体，以便把反应容器 301 的内部压力设置为预定的压力。微波功率源 303 输出具有预置功率的 2.45-GHz 频率的微波，以通过波导管 313 把微波功率供给反应容器 301。偏压电源 304 把预置的直流电压输出到下、上电极 308 和 309，以产生平行电场，其中下电极 308 设置为负极侧。供气单元

305 以预定的流速独立提供一组气体 A 和 B，且混合这些气体，并把气体混合物提供给反应容器 301。

下面将描述如何利用具有这种配置的微波等离子体 CVD 装置来形成覆膜 12。甲烷和氢气分别作为碳导入气体和生长促进气体使用。因此，要做的准备工作就是使等离子体 CVD 装置的供气单元 305 可以提供甲烷（气体 A）和氢气（气体 B）。之后，衬底 11 固定在等离子体 CVD 装置的下电极 308 上，并且反应容器 301 的内部通过排气单元 302 抽真空至预定的压力。

供气单元 305 把氢气导入反应容器 301 中，并且微波功率源 303 向反应容器 301 提供微波功率，从而产生等离子体 316。同时，偏压电源 304 输出直流电压，以把偏压加到上、下电极 309 和 308 上，从而产生平行电场，其中下电极 308 是负极侧。衬底 11 的表面通过离子轰击而被净化和活化。该处理过程进行 15 分钟，其中微波功率为 500W，偏压为 150V，压力为 1000Pa。尽管衬底 11 的表面净化和活化不是必不可少的，但最好能够进行衬底 11 的表面净化和活化，因为它们可提高将要产生的纳管纤维的电子发射特性。

接着，供气单元 305 把预定比例的甲烷气和氢气导入反应容器 301 中，并且微波功率源 303 向反应容器 301 提供微波功率，从而产生等离子体 316。同时，偏压电源 304 输出直流电压，以把偏压加到上、下电极 309 和 308 上，从而产生平行电场，其中下电极 308 是负极侧。从而，纳管纤维覆膜 12 在衬底 11 的表面和构成栅的金属部分的壁面（通孔 13 的壁面 14）上生长。

形成覆膜 12 的过程进行 30 分钟，其中微波功率为 500W，偏压为 250V，压力为 200Pa 到 2,000Pa，而且甲烷气体浓度为 20%。此时，衬底 11 由微波加热到 500℃到 600℃的温度。如果没有加偏压，则不能形成纳管纤维，并且不能根据要求形成石墨覆膜。因此，施加偏压是必不可少的。

在该处理过程之后，反应容器 301 的内部抽真空至预定的压力，并且原料气体被排出。之后，反应容器 301 的内部恢复到大气压，并且从反应容器 301 中拿走形成纳管纤维覆膜 12 的衬底 11。通过该处理过程，碳纳管纤维从衬底 11 的表面和构成栅的金属部分的壁面大体上垂直地生长，这样则形成具有由纳管纤维构成的光滑表面的覆膜 12。因而可形成不易引起局部电子发射的场致发射型电子发射源。

在上面的描述中，甲烷气是作为碳导入气体来使用的。但是，本发明并不局限于此，而是可以使用其它含碳气体。例如，可使用乙炔气作为碳导入气体。在这种情况下，乙炔气和氢气的比例可按乙炔气体的浓度为 30% 来配置。除此之外，其它可采用与上述使用甲烷的情况相同的条件。用于净化和活化衬底 11 的表面的气体并不局限于氢气，而是也可以使用诸如氩或氦之类的惰性气体。

如上所述，根据本发明，由于纳管纤维覆盖在衬底表面和通孔的壁面而形成了光滑的衬底表面，所以电场均匀地施加到了该表面。因此，场致发射电子不是局部发射，而是以相同的能级均匀发射，从而可获得具有大电流密度的均匀场致电子发射。由于不易发生局部电场集中，所以，即使增加场强来提高亮度，也不易发生击穿。即使发生了击穿，它也不易导致链式击穿，因为电子发射区形成了一个栅。

由于可在衬底上直接形成纳管纤维覆膜，所以可省去制造中的装配步骤，因而降低了成本。

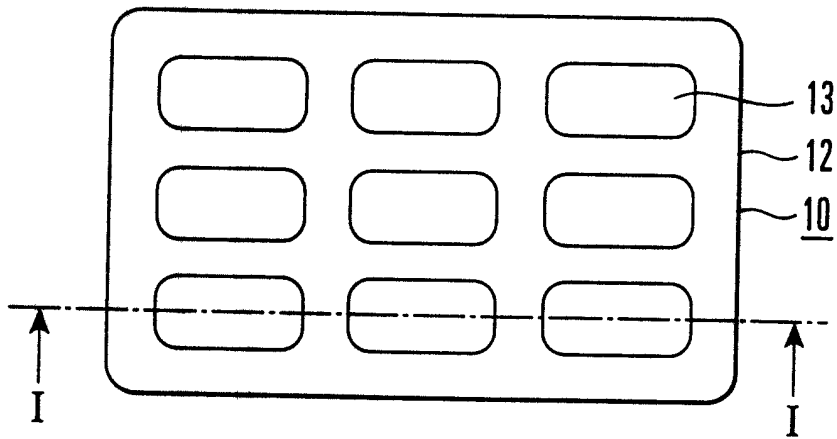


图1A

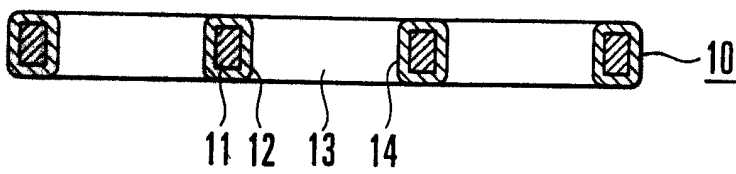


图1B



图2

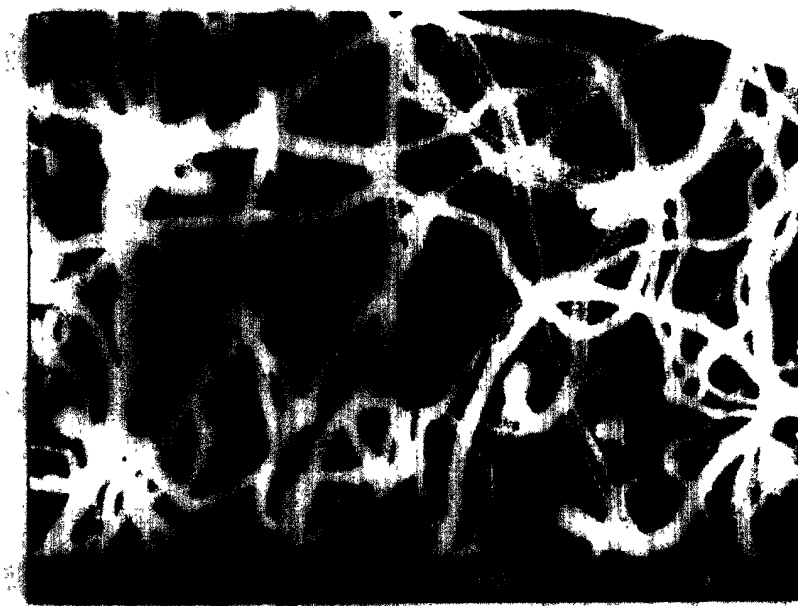


图3

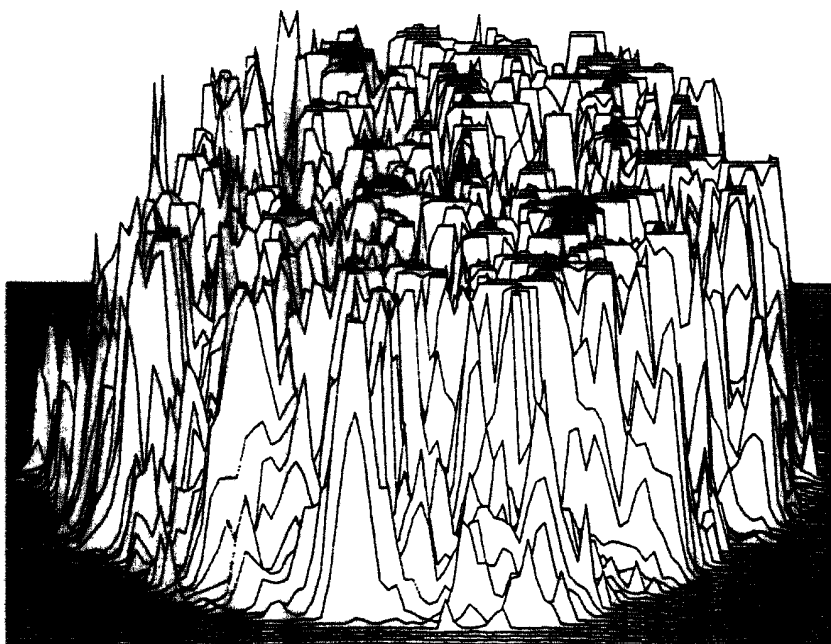


图4

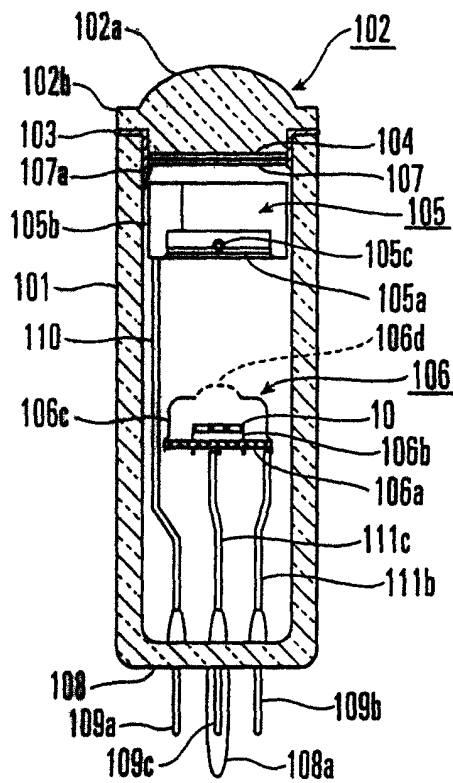


图5

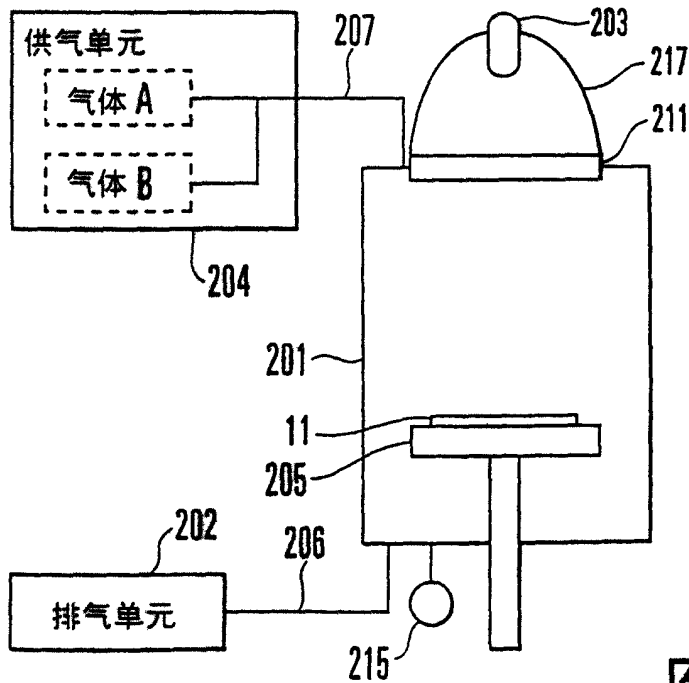


图6



图7



图8

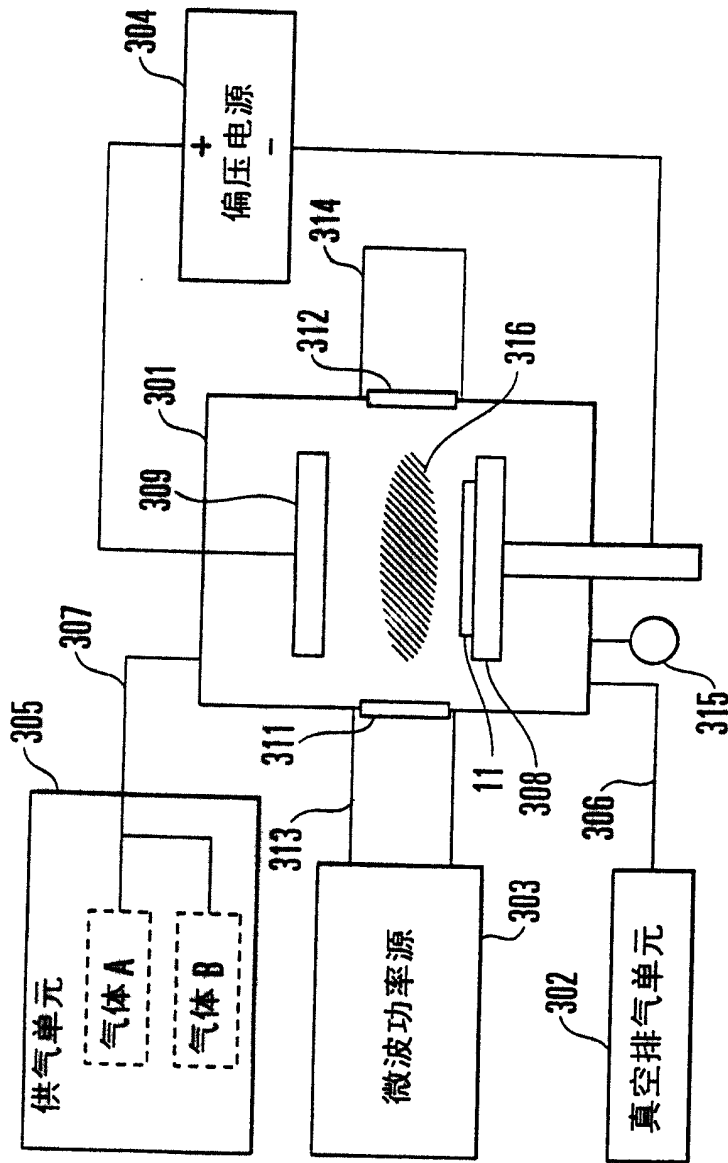


图9