

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01J 63/06

H01J 63/02 H01J 1/304

H01J 9/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00109268.5

[43]公开日 2000年12月20日

[11]公开号 CN 1277456A

[22]申请日 2000.6.15 [21]申请号 00109268.5

[30]优先权

[32]1999.6.15 [33]KR [31]22415/1999

[32]1999.6.18 [33]KR [31]23047/1999

[32]2000.6.2 [33]KR [31]30355/2000

[71]申请人 李铁真

地址 韩国全罗北道

共同申请人 株式会社日进纳米技术

[72]发明人 李铁真 柳在银

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

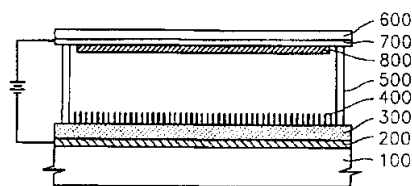
代理人 韩宏

权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 使用碳纳米管的白光源及其制造方法

[57]摘要

使用碳纳米管的白光源及其制造方法,该光源包括一个用为阴极、位于下基底的金属膜,形成在该金属膜上的催化金属膜,垂直排列上催化金属膜上、用于发射电子的碳纳米管,安装在该催化金属膜上的间隔器以及具有用为阳极的透明电极的透明上基底,和在该阳极上的荧光体。催化金属膜是由分离的毫微尺寸的催化金属微粒构成,该碳纳米管是从每个催化金属微粒生长成垂直排列在该基底上。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

- 1、 一种白光源，包括：
一个用为阴极的金属膜，该金属膜形成在一个下基底上；
一个形成在该金属膜上的催化金属膜；
用于在所施加的电场内发射电子的碳纳米管，该碳纳米管是垂直排列上该催化金属膜上；
安装在该催化金属膜上的间隔器；以及
一个透明上基底，其中一个用为阳极的透明电极附着到该透明上基底上，一个荧光体附着到该透明电极上，该透明上基底安装在该间隔器上以便该荧光体面对该碳纳米管。
- 2、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征是该下基底是由玻璃、石英、铝或硅形成。
- 3、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征是该金属膜是由铬、钛、氮化钛、钨或铝形成。
- 4、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征是还包括一个由绝缘材料形成的、在该下基底和金属膜之间的反应防止膜，用于防止在该下基底和该金属膜之间发生反应。
- 5、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征是该催化金属膜是由分开的毫微尺寸的催化金属微粒构成。

6、 如权利要求 5 所述的白光源，其特征是该碳纳米管是利用化学蒸发沉积方式从每个催化金属微粒上垂直生长成的。

7、 如权利要求 5 所述的白光源，其特征是该催化金属膜是由钴、镍、铁、镱或至少其中两种的合金形成的。

8、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征是还包括一个绝缘膜图案，该绝缘膜图案在该催化金属膜上具有一个有选择地暴露该催化金属膜的开口，

其中该碳纳米管是有选择地位于通过该开口暴露的催化金属膜的部份上，以及

其中该间隔器是安装在该绝缘膜图案上。

9、 如权利要求 1 所述的白光源，其特征该荧光体是由 $(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn})$ 形成，产生一个白色发光，或者是 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ ， $\text{CeMaA}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$ 组合，通过混合不同的发光频谱而产生一个白光。

10、 一种制造白光源的方法，包括步骤：

在一个下基底上形成用作为阴极的金属膜；

在该金属膜上形成 一个催化金属膜；

将用于在所施加的电场内发射电子的碳纳米管生长成垂直排列在该催化金属膜上；

在该催化金属膜上安装间隔器；以及

在该间隔器安装具有透明电极的、而该透明电极又具有荧光体的透明上基底，以便该荧光体面对该碳纳米管，并用该下基底密封该透明上基底。

11、 如权利要求 10 所述的方法，其特征是该下基底是由玻璃、石英、铝或硅形成的。

12、 如权利要求 10 所述的方法，其特征是该金属是由铬、钛、氮化钛、钨或铝形成的。

13、 如权利要求 10 所述的方法，其特征是还包括在形成该金属膜之前，利用一个绝缘材料形成一个反应防止膜的步骤，以便防止在该下基底和该金属膜之间发生反应。

14、 如权利要求 10 所述的方法，其特征是形成该催化金属膜的步骤包括步骤：

沉积该催化金属膜；以及

晶界蚀刻该催化金属膜以便将该催化金属膜分离成毫微尺寸的催化金属微粒。

15、 如权利要求 14 所述的方法，其特征是该晶界蚀刻使用氨气作为蚀刻气体。

16、如权利要求 14 所述的方法，其特征是该碳纳米管是通过化学蒸发沉积从每个催化金属微粒生长成垂直排列的。

17、如权利要求 16 所述的方法，其特征是该化学蒸发沉积使用从下列组中选择的碳氢化合物气体，该组包括：乙炔、乙烯气、丙烯气、丙烷或甲烷气。

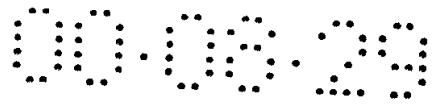
18、如权利要求 14 所述的方法，其特征是该催化金属膜是由钴、镍、铁、镱或至少其中两种的合金形成。

19、如权利要求 10 所述的方法，其特征是还包括形成绝缘膜图案的步骤，该绝缘膜图案在该催化金属膜上具有一个有选择地暴露该催化金属膜的开口，

其中该碳纳米管是有选择地位于通过该开口暴露的催化金属膜的一部份上，以及

其中该间隔器是安装在该绝缘膜图案上。

20、如权利要求 10 所述的方法，其中该荧光体是由 $(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn})$ 形成，产生一个白色发光，或者是 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ ， $\text{CeMaA}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$ 组合，通过混合不同的发光频谱而产生白光。



说明书

使用碳纳米管的白光源及其制造方法

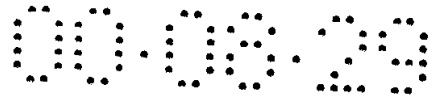
本发明是关于白光源，尤其是关于制造具有优异的发光效率的白光源的方法。

有代表性的白光源是荧光灯，这种荧光灯是使用了荧光体的放电效应所造成的光发射，这种荧光灯具有低发光的缺点，而且也很难小型化该荧光灯及降低该荧光灯中的操作电压。而且，随着时间的推移，这种荧光灯的发光也会降低，同时其稳定性和可靠性也会降低，其生命周期很短。

为了解决上面的问题，本发明的一个特点是提供了一种在所施加的电场内具有优异的电子发射效率的白光源及其制造方法，由此可以获得即便在较低的施加电压下的大的发射电流，同时在每单元面积上具有高密度的电子发射器，由此表现出优异的发光。

为了达到上面的特点，本发明提供了一种白光源，包括用为阴极的金属膜，该金属膜成形在一个下基底上，一个催化金属膜形成在该金属膜上；用于在所施加的电场内发射电子的碳纳米管，该碳纳米管垂直排列在该催化金属膜上，间隔器安装在该催化金属膜上，以及透明的上基底，其中一个用为阳极的透明电极附着在该上基底上，一个荧光体附着到该透明电极上，该透明的上基底安装到该间隔器上以便该荧光体面对该碳纳米管。

该催化金属膜可以由分开的毫微尺寸的催化金属微粒组成，并且该碳纳米管可以通过化学蒸发沉积的方式从每个催化金属微粒垂



直生长成，在此催化金属膜可以由钴、镍、铁、镱或至少其中两种的合金形成，该荧光体可以由 $(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn})$ 形成，产生一个白色发光，或者是 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$, $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$ 组合，通过混合不同的发光频谱而产生一个白光。

该白光源还包括一个具有开口的绝缘的膜图案，该开口可以有选择地暴露于该催化金属膜，该碳纳米管可以有选择地位于通过该开口暴露的催化金属膜的一部份上，该间隔器可以安装在该绝缘膜图案上。

本发明还提供了一种制造白光源的方法，一个用为阴极的金属膜形成在下基底上，一个催化金属膜形成在该金属膜上，用于在所施加的电场内发射电子的碳纳米管被生长成垂直排列在该催化金属膜上，一个间隔器被安装在该催化金属膜上，一个具有透明阳极透明荧光体的透明上基底被安装在该间隔器上以便该荧光体面向该碳纳米管，且该透明上基底用该下基底进行密封。

也可以在形成该金属膜步骤之前，利用一种绝缘材料形成一个反应防止膜以防止在该下基底与该金属膜之间有反应。在此，该催化金属膜是通过沉积该催化金属膜和蚀刻所沉积的催化金属膜来分离该催化金属膜成催化金属微粒的方式来形成。该碳纳米管通过化学蒸发沉积从每个催化金属微粒生长成垂直排列在该基底上。

对于催化金属膜，可以使用钴、镍、铁、镱、或至少其中两种的合金。一种具有可选地暴露于该催化金属膜的开口的绝缘膜图案也可形成在该催化金属膜上。在此，该碳纳米管是有选择地位于通过该开口暴露的催化金属膜的一部份上，且该间隔器可以安装在该绝缘膜图案上。



本发明可以提供一个白光源，它可最大地进行最小化以便可以携带，且具有很高的效率和节能效果。

本发明的上述特点和优点可通过对下面参照附图的详细的优选实施例的描述变得更清晰，其中

图 1 是用于说明按照本发明的优选实施例的白光源的示意性截面图；

图 2-图 5 用于说明制造按照本发明的该第一实施例的白光源的方法的示意性截面图；

图 6 是用于说明一个热化学蒸发沉积设备的示意性截面图，该设备用于生成按照本发明的碳纳米管；

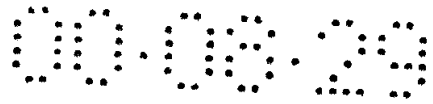
图 7-图 10 用于说明按照本明的碳纳米管的生长过程的示意性截面图；

图 11 用于说明一个按照本明的第二实施例的白光源的示意性截面图；

图 12-图 14 用于说明一个制造按照本发明的第二实施例的白光源的示意性截面图。

下面参照附图详细描述本发明的优选实施例。本发明并不局限于下面的实施例，并且任何修改都有可能落入本发明的精神和范围内。本发明的实施例提供是为了向本技术领域内的人更完整地解释本发明。在附图中，部件的形状是被夸大以便更清晰，且同一参照号表示同一部件。同时，当一个膜被描述为位于另一个膜上或一个半导体基底上时，它可以直接在另一个层或该半导体基底上或一个内置层膜可置于其间。

本发明提供了一个使用碳纳米管的白光源及其制造方法。众所



周知，一个碳纳米管是显微地构成以便一个单一的碳纳米管元件与三个相邻的碳原子相组合，一个六边形环是通过组合该碳原子形成的，并且滚动一个由类似蜂窝的重复的六边形环组成的平面来由此形成一个柱形。该柱形结构的特征在于其直径通常是几个纳米到几十毫微之间，且其长度为该直径的 10 到几千倍。

相应地，一个碳纳米管的端部具有几个到几十个纳米的直径，由此可以在施加的电场内有很高的电子发射效率。因此，可以在低的电压下获得较大的发射电流。而且，碳纳米管可以每单元面积上很高的毫微管密度生成。以便达到一个高端密度，并由此获得优异的发光效率。

本发明将通过参照附图详细说明，其中示出了本发明的优选实施例。

图 1 是用于说明按照本明的第一实施例的白光源的示意性截面图。参照图 1，根据本发明的第一实施例的白光源包括一个在下基底 100 上用为阴极的金属膜 200 和一个在金属膜 200 上的催化金属膜 300。

下基底 100 可以由硅 (Si)、铝 (Al_2O_3) 石英或玻璃构成，但是最好该基底 100 由玻璃构成，这样可以适用于完成该白光源的密封过程。该金属膜 200 可以由一个导电材料形成，如铬 (Cr)、钛(Ti)、氮化钛 (TiN)、钨 (W) 或铝。

当垂直排列的碳纳米管 400 形成在该催化金属膜 300 上时该膜用为催化剂。该催化金属膜 300 是由一个金属材料形成，该金属材料作为一个催化剂用于合成和生长该碳纳米管 400。例如，该催化金属膜 300 可以由钴、镍、铁、镱、或至少它们两种的合金（如钴-

镍、钴-铁、钴-镍、镍-铁、或钴-镍-镍) 形成。

垂直排列的碳纳米管 400 分布在催化金属膜 300 上, 该碳纳米管 400 可以从一个碳源垂直生长成, 该碳源是通过热蒸发沉积方法施加到该催化金属膜 300 上。该碳纳米管 400 的通过热蒸发沉积方法的生长将在下面参照图 6-10 详细加以描述。

该碳纳米管 400 用于在所施加的电场内的电子发射。相应地, 一个荧光体 800 用于以距该碳纳米管 400 一定距离处面对该碳纳米管 400 的端部。一个透明的电极 700 设置在该荧光体 800 的背部, 一个该透明电极所附着的上基底 600 被安装在间隔器 500 上并用该下基底 100 进行真空密封。

透明电极 700 可以由一个透明导电材料如铟锡氧化物 (ITO) 来形成, 该荧光体 800 可以由一个荧光材料如 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn}$ 形成, 产生一个白色发光, 或由一个荧光材料的组合 (包括如 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$, $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$) 形成, 通过组合不同的发射频谱而产生白光。上基底 600 是由一个透明的材料如玻璃形成, 将由该荧光体 800 发出的光传出。

在具有这样配置的光源中, 当在用为阴极的金属材料 200 与用为阳极的透明材料电极 700 间引入一个电场时, 该电场被从该碳纳米管 400 的端部向该透明电极 700 集中以便发射电子。由于每个碳纳米管 400 的端部的直径非常小, 如几个纳米到几十个纳米, 与该碳纳米管 400 的长度相比, 电子可以非常有效地从该端部发射出去。

相应地, 在该金属膜 200 与该透明电极 700 间引入的电场可以被降低, 换句话说, 即使是把低电压施加到该金属膜 200 或该透明



电极 700，一个非常高的电场密度也可以形成在该碳纳米管的端部，以便可以获得非常有效的电子发射。而且，由于该碳纳米管 400 是由非常高的密度生长成的，从以高密度排列的碳纳米管 400 上发射的电子的密度也是非常高的，因此发射电流也很大。

发射电子撞击荧光体 800 并使荧光体 800 辐射光，此辐射的光通过基底 600 放电而出。在此，如上面所述的，由于电子发射效率非常地高，而发射电子导致的发射电流也很高，撞击荧光体 800 的电子密度也很高，由该荧光体 800 产生的光的数量也很高。

虽然根据本发明第一实施例的白光源很简单也很紧凑，但它可以发出非常高亮度的单色光，如上面所述的。另外，由于它在一个电场内具有很高的电子发射效率，它可以以非常小的电压或电流来运行。相应地，该白光源可以用作一个通用的照明系统，发果进行特别地最小化，它也可用于可移动的照明系统。

参照图 2 到图 5，描述了制造按照本发明的第一实施例的白光源的方法。

图 2 示意性地给出在较低基底 100 上形成金属膜 200 和催化金属膜 300 的步骤。用作阴极的金属膜 200 被很薄地形成在该下基底 100 上，它对于大批量生产来说具有很大的面积。该下基底 100 可以由多种材料来形成，如上面所述的，但最好是由玻璃形成。金属膜 200 是通过沉积一个导电的材料如铬、钛、氮化钛、钨或铝形成，其厚度大约为 0.3-0.5 微米，沉积是通过一种形成薄膜的方法来进行的，如热沉积方法或溅射方法。

当生长碳纳米管 400 时用作催化剂的催化金属膜 300 形成在该金属膜 200 上，该催化的金属膜 300 被沉积为大约几个纳米到几百



纳米的厚度，最好为 2-200nm。沉积可以通过一个形成薄膜的方法如热沉积方法或溅射方法来进行。

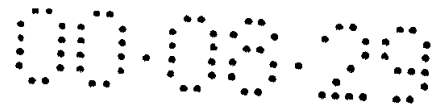
图 3 示意性地示出了在催化金属膜 300 上生长碳纳米管 400 的步骤，该催化金属膜 300 被处理成作为一种催化剂，用于生长彼此分开的且垂直排列在该催化金属膜 300 上的多个碳纳米管 400。例如，该催化金属膜 300 的表面是被蚀刻成将该催化金属膜 300 分隔成细的、分离的催化金属微粒的晶界。相应地，下面的金属膜 200 的表面是暴露在该分开的催化金属微粒之间，结果，该催化金属膜 300 由该分开的、彼此独立分布的催化金属微粒构成。

此后，在催化金属膜 300 上提供一个碳源以便从各个催化金属微粒生长该碳纳米管 400。由于该催化金属微粒是通过晶界蚀刻方式形成的，每个催化金属微粒的大小可以根据该初始的催化金属膜 300 的厚度和晶界蚀刻速度进行调整。从每个催化金属微粒上生长的每个碳纳米管的直径也可以通过调整该催化金属微粒进行调整。而且，由于由该晶界蚀刻所形成的该催化金属微粒是均匀排列的，该生长的碳纳米管 400 也可以排列成线性。

此处，碳纳米管 400 可以利用一个热或等离子化学蒸发沉积方法来生长。利用一个化学蒸发方法生长该碳纳米管 400 将在下面参照图 6—图 10 进行详细描述。

图 4 示意性给出了在催化金属膜 300 上安装间隔器 500 的步骤。长约 100—700 微米的多个间隔器 500 被安装在该催化金属膜 300 上，该间隔器具有通过一预定的距离将该荧光体（图 1 的 800）与该碳纳米管分离开的功能，这将在下面以描述。

图 5 示意性地给出了在透明上基底 600 上形成该透明电极 700



和荧光体 800 的步骤。用为阳极的透明电极 700 被附着到该透明上基底 600 上，如一个玻璃基底。该透明电极 700 是由一个透明导电材料如 ITO 形成的。然后，荧光体 800 附着到该透明电极 700 上，该荧光体 800 可由一个荧光材料如 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn}$ 形成，产生一个白色光，或者是荧光材料如 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ ， $\text{CeMaA}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$ 的组合，通过组合不同的发射频谱来产生白色发光。

具有荧光体 800 和透明电极 700 的上基底 600 被安装在间隔器 500 上，以便该荧光体 800 的表面面向该碳纳米管 400 的端部，然后该透明上基底 600 和下基底 100 被真空密封。

对于通过上述步骤制造的该白光源的碳纳米管 400，每个端部的直径很小，大约从几个纳米到几十个纳米，以便在所施加的电场内的电子发射可以利用较低的施加电压而又很高的效率来达到。

参照图 6—图 10，下面将详细描述在按照本发明制造该白光源中生长该碳纳米管 400 的方法。

图 6 示意性显示了一个热化学蒸发沉积设备，用于按照本发明生长该碳纳米管 400。图 7 到图 10 是用于说明按照本发明的生长碳纳米管的示意性截面图。

简要地说，在图 3 中垂直排列的碳纳米管 400 可以按照图 7 到图 10 所示的、利用图 6 所示的热化学蒸发沉积设备进行生长，然后下面详细解释利用热化学蒸发沉积将该碳纳米管生长成垂直排列的一例子，但是也可以利用等离子的化学蒸发沉积方法来生长垂直排列的碳纳米管 400。

参照图 7，如上面所述的，该金属膜 200 和催化金属膜 300 形成在具有大面积的下基底（图 3 的 100）上。该催化金属膜 300 形成



的厚度大约为几个纳米到几百个纳米，最好是 2—200nm。

如上所述的，其上形成有催化金属膜 300 的基底 6300 被安装在一个石英船 (boat) 6400 上，然后安装进图 6 所示的热化学蒸发沉积设备的反应表面 6100 内。此处，该基底 6300 安装到石英船 6400 以便其上形成有碳纳米管 400 的表面 6350 与供应气体的方向背向，这有助于防止脏物或残留物附到表面 6350 上（在该表面上形成碳纳米管），并且使供应给该表面 6350 的反应气体进行均匀流通。

此处，在反应炉 6100 内的压力保持在大气压或几百 mTorr 到几 Torr，在使用加热单元如电阻线圈 6200 增加反应炉 6100 的温度后，一种蚀刻气体（可以对催化金属膜 300 进行晶界蚀刻）如氨（ NH_3 ）被导引进该反应炉 6100。由于该蚀刻气体具有沿着该催化金属膜 300 的晶界蚀刻该催化金属膜 300 的功能，要求有对该蚀刻气体进行反应的步骤。为此，最好在氨气体到达安装在该反应炉 6100 内的石英船上的基底 6300 之前进行分解。

在使用图 6 所示的热化学蒸发沉积设备的情况下，对氨气体进行分解是通过高温分解来进行的。相应地，最好反应炉 6100 保持在至少这样一个温度下，即它足以高温分解该氨气体，如在 700°C 以上，最好反应炉的温度保持在大约 $700-1000^\circ\text{C}$ 。

参照图 7 和图 8，具有反应的氨气 7100 蚀刻该催化金属膜 300 的表面晶界，最好持续进行该表面晶界的蚀刻直到下面的金属膜 200 被暴露出来。结果，彼此分开的催化金属微粒 300' 被如图 8 所示地形成。每个催化金属微粒 300' 是毫微尺寸的（几个 nm 到几百个 nm）。此催化金属微粒 300' 的尺寸可通过调整初始催化金属膜 300 的厚度、在晶界蚀刻期间的氨气的量以及在蚀刻过程中的温度或蚀刻过程的



时间而得到调整。

独立分开的毫微尺寸的催化金属微粒 300'是通过沿着该晶界蚀刻该催化金属膜 300 以便在具有均匀密度的下金属膜 200 上进行微范围地分布而形成的。此分开的毫微尺寸的催化金属微粒 300'的形状与大小随着蚀刻条件而有所变化。在本发明的实施例中，此催化金属微粒 300'的尺寸最好为 20—60nm。

当晶界的蚀刻是以大约 700—1000°C 的温度在该催化金属膜 300 上进行蚀刻时，在下基底 100 是由玻璃形成时可能会发生下基底（图 3 的 100）的变形。这了防止这种变形，可以在 700—1000°C 上进行氨气体的分解，并把分解后的氨气引入反应炉 6100。此时，反应炉保持在这样一个温度，即该温度高于该碳纳米管 400 生长的温度而低于玻璃变形的温度，如 450-650°C。

另外，在氨气体直接导入反应炉 6100 的情况下，由玻璃形成的下基底 100 的变形也可通过在该反应炉 6100 内定义两个温度区而得到防止，例如氨气体被导入的开始部份被定义为第一温度区，此时的温度保持在 700-1000°C，而石英船 6400 所安装的部份被定义为第二温度区，此时的温度为 450-650°C，导入到反应炉 6100 内的氨气体在通过该第一温度区时进行分解，以便经分解的氨气体 7100 能被施加到位于该第二温度区的催化金属膜 300。

已经描述了使用氨气体作为蚀刻晶界的气体的一个例子，但也可以使用氢气或氢化物，但是最好使用氨气体作为蚀刻气体。氨气体以大约每分钟 80 标准立方厘米（sccm）的流速导入到该反应炉，大约需要 10-30 分钟。

参照图 8，一旦形成了催化金属微粒 300'，停止导入分解的氨



气体 7100，并将碳源 8100 导入到该反应炉 6100 中到达该催化金属微粒 300'。一个提供碳二聚物的碳氢化合物可以用为碳源 8100。在每个分子中含有至少 20 个碳原子的碳氢化合物，如乙炔、乙烯气、丙烯气、丙烷或甲烷气。

氢气或惰性气体如氩气可以作为一种载体气体随同该碳源导入到反应炉 6100 中。而且，例如一个氢化物气体可以作为一个稀释气体随同该碳源导入到该反应炉，而且一个相应比例的蚀刻气体如氨气、氢气或氢化物气可以与该碳源气体一起提供，由此控制碳纳米管 400 的合成反应。

最好该反应炉的内部保持在可以高温分解一个碳源的温度，如 450-1000°C，如上面所述的，当下基底 100 是由玻璃形成的时候，石英船 6400 所处的区域保持在大约 450-650°C，以防止下基底 100 的变形，在此，一个碳源如乙炔被以 20-200sccm 的流速供应 10-60 分钟。

被导入到图 6 所示的热化学蒸发沉积设备内的反应炉 6100 的碳源被高温分解以便形成碳单元（如 C_2H_2 ），高温分解形成的碳单元与分开的毫微尺寸的催化金属微粒 300' 进行接触，如图 9 所示的，并吸附在该催化金属微粒 300' 的表面或扩散进该催化金属微粒 300'。在此，当碳单元与该催化金属微粒 300' 的表面进行接触时，该碳单元被变换成碳二聚物（ C_2 ），产生氢气（ H_2 ）。

碳二聚物吸附在该催化金属微粒 300' 的表面或扩散进该催化金属微粒 300'。当每一个催化金属微粒 300' 被用该碳二聚物过度饱和时，该碳二聚物就与另一个起反应，由此在二维平面上形成重复的类似蜂窝的六角环形。此后，当持续对该催化金属微粒 300' 供



应该碳二聚物时，一个蜂窝结构的墙就从该催化金属微粒 300' 的边缘生长起来，这种生长持续进行，由此形成一个从该催化金属微粒 300' 上生长起来的碳纳米管 400。一般地，该碳二聚物被提供给该催化金属微粒 300' 的边缘以便该碳纳米管 400 可以生长。当每个催化金属微粒 300' 的密度足够高时，从该多个催化金属微粒 300' 上生长的碳纳米管 400 就彼此排斥，由此变得垂直排列。

同时，该碳纳米管 400 的生长持续进行，该碳纳米管 400 具有一个竹子状结构，如图 10 所示。

适用于碳纳米管 400 生长的催化金属微粒 300' 与外部的催化金属微粒 300' 没有聚在一起，而是独立地分开形成以便该碳纳米管 400 不凝聚而独立形成。换句话说，在形成该碳纳米管 400 的时候没有形成无定形的碳聚合物，相应地，可以获得高纯度的碳纳米管 400，并且可以使得该碳纳米管 400 垂直地排列在下基底 100 上。而且，该碳纳米管 400 的长度可以通过改变碳源的供应条件而可调整，如气体流速、反应温度或反应时间。

在上面描述的实施例中，分开的毫微尺寸的催化金属微粒可利用图 6 所示的热化学蒸发沉积设备通过干蚀方法形成，但它们也可以通过湿蚀方法形成。换句话说，一个具有催化金属膜的基底可被浸进湿的蚀刻剂中，如用水稀释的氢氟化物中，以便形成分开的毫微尺寸的催化金属微粒。使用该湿蚀刻方法时，此分开的催化金属微粒可以用一个较低的温度来形成。

在本实施例中，当生长该催化金属微粒和碳纳米管时可以使用一个水平型的热化学蒸发沉积设备，但也可以使用一个垂直型、成一条直线型或传送型热化学蒸发沉积设备，当使用等离子体化学蒸



发沉积设备时，该过程可以在很低温度下进行，并且可以很容易地调整该反应。

图 11 是用于解释一个按照本发明的实施例的白光源的示意性截面图，在第一实施例中，同一参考号表示同一部件。

根据本发明第二实施例的白光源包括一个在下基底 100 上用为阴极的金属膜 200，和一个在该金属膜 200 上的催化金属膜 300。一个由绝缘材料如硅氧化物或铝形成的反应防止膜 150 还可以进一步地设置在该金属膜 200 与该下基底 100 之间。反应防止膜 150 防止在下基底 100 与金属膜 200 间发生反应，并且是由一个绝缘材料如硅氧化物形成，厚度大约为 0.3-0.5 微米。

催化金属膜 300 形成在该金属膜 200 上，一个具有用于有选择地暴露该催化金属膜 300 的表面的似孔的开口的绝缘膜图案 350 设置在该催化金属膜 300 上，该绝缘膜图案的形成厚度大约为 1.0-3.0 微米。绝缘膜图案 350 有选择地定义生长碳纳米管 400 的位置。

通过化学蒸发沉积方法生长成垂直排列的碳纳米管 400 设置在通过该开口暴露的催化金属膜 300 上，该碳纳米管 400 用于在一个电场中发射电子，设置一个荧光体 800 以面向该碳纳米管 400 的端部，一个透明电极 700 设置在该荧光体 800 的背部，一个该透明电极所附着的上基底 600 被安装在间隔器 500 上并用该下基底 100 进行真空密封。间隔器 500 安装在该绝缘膜图案 350 上，相应地，该荧光体 800 最好被成形为暴露该透明电极 700 的部份以便由该间隔器 500 支持。

按照本发明第二实施例，该碳纳米管 400 可以分组，每一组碳纳米管 400 可以构成一个单一的单元。



参照图 12-14，制造按照本发明的第二实施例的白光源的方法将在下面详细加以描述。

图 12 示意性地给出了在下基底 100 上形成绝缘膜图案 350 的步骤。用为阴极的金属膜 200 薄薄地形成在具有较大的面积的下基底 100 上，该下基底 100 可以由各种材料形成，但它最好是由玻璃形成，该金属膜 200 是通过沉积铬、钛、氮化钛、钨或铝形成，其厚度大约为 0.3-0.5 微米。

反应防止膜 150 可以形成在该金属膜 200 的下面以便防止在该金属 200 与下基底 100 之间发生反应。下基底 100 可由硅、石英、玻璃或铝制成。当下基底 100 是由硅形成时，在热处理期间（如用于在以后的处理中形成该碳纳米管的化学蒸发沉积过程）硅可与金属膜 200 发生反应。为了防止这种反应，就可以使用反应防止膜 150，此反应防止膜 150 是由一个绝缘材料如硅氧化物形成，厚度大约为 0.3-0.5 微米。

此后，当生长该碳纳米管 400 时用作催化剂的催化金属膜 300 形成在该金属膜 200 上，该催化金属膜 300 被沉积成厚度大约为几个纳米到几百个纳米，最好为 20-100nm。该沉积可以通过形成一个薄膜的方法如热沉积方法或溅射方法来完成。

一个绝缘膜沉积在该催化金属膜 300 上，厚度为在低温时的 1.0-3.0 微米，如当下基底是由玻璃形成时这种低温为 500°C。这可防止在沉积绝缘膜步骤中下基底的变形。该绝缘膜可以由多种绝缘材料形成，如可由硅氧化物形成。

此后，该绝缘膜可以通过影印石版术做出形状，由此形成可选择地暴露下面的催化金属膜 300 的绝缘膜图案 350。例如可沉积



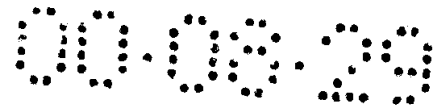
一个光抗蚀 (photoresist) 膜 (未示出), 厚度大约为 1.5-2.0 微米, 并且经过暴露和延伸, 由此形成一个可有选择地暴露该绝缘膜的光抗蚀图案。然后, 利用该光抗蚀图案作为一个蚀刻屏蔽有选择地蚀刻该绝缘膜, 由此形成有选择地暴露下面的催化金属膜 300 的绝缘膜图案 350。该绝缘膜图案 350 的开口可以为显微孔, 其直径大约为 1.0-5.0 微米, 孔间的距离可以为 3.0-15.0 微米。然后通过一个擦除过程去掉光抗蚀图案。

图 13 示意性给出了在催化金属膜 300 上垂直排列地生长碳纳米管 400 的步骤。通过前面参照图 6-图 10 描述的化学蒸发沉积, 该垂直排列的碳纳米管 400 可有选择地生长在该催化金属膜膜 300 上, 它是通过该绝缘膜图案 350 的开口暴露的, 这种碳纳米管 400 可以均匀地布置并垂直成一条直线地生长。

图 14 示意性地给出了在绝缘膜图案 350 上安装间隔器 500 的步骤, 长度大约为 100-700 微米的多个间隔器 500 被安装在绝缘膜图案 350 上, 该间隔器 500 用于将荧光体 800 从该碳纳米管 400 的端部分开, 以便以后布置。

随后, 用为阳极的透明电极 700 被附着到该透明上基底 600 上, 如一个玻璃基底。该透明电极 700 是由一个透明导电材料如 ITO 形成的。然后, 该荧光体 800 被附着到该透明电极 700。该荧光体 800 可以由一个荧光材料如 $(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFCl/Sb,Mn})$ 形成, 产生一个白色发光, 或者是 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$, $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}$ 和 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_7:\text{Eu}$ 组合, 通过混合不同的发光频谱而产生一个白光。

具有荧光体 800 的分开的上基底 600 和透明电极 700 被安装在间隔器 500 上, 以便该荧光体 800 和透明电极 700 面对该碳纳米管



400 的端部，然后，该透明上基底 600 和下基底 100 被真空密封。

如上面所述的，本发明可提供一个白光源，通过把具有非常小的直径的端部的碳纳米管用作电场电子发射端，利用该白光源使用一个较低的电压就可以获得大量的发射电流。而且，本发明通过利用与每单元面积上具有高密度的端部垂直排列的碳纳米管，可提供一个表现出优异的发光的白光源，而且简化了制造这种白光源的过程，由此提高了产量和可靠性，相应地，提供了下一代高效节能白光源，替代已有的荧光灯和白炽灯。根据本发明的白光源可以最大地最小化，且消耗很小的能量，以便它可用为便携式白光源。

尽管已经参照特定的实施例描述了本发明，本技术领域内的人知道：可以对所述的实施例做出各种修改而不会脱离本发明的精神和范畴。

说明书附图

图1

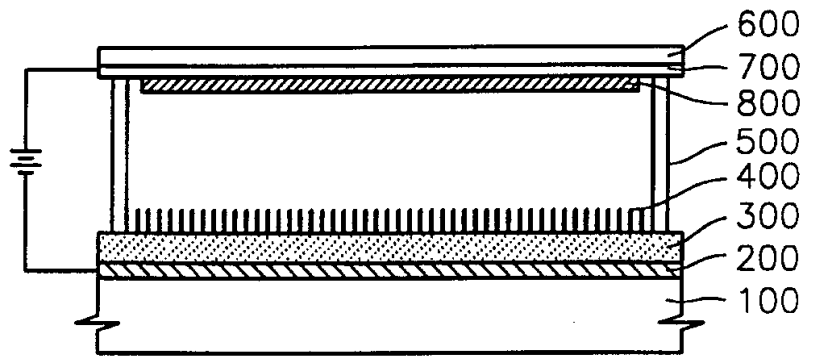


图2

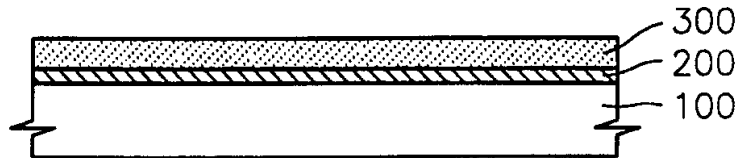


图3

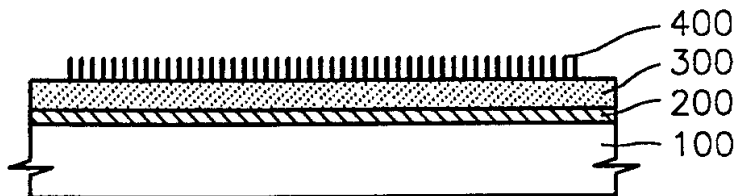


图4

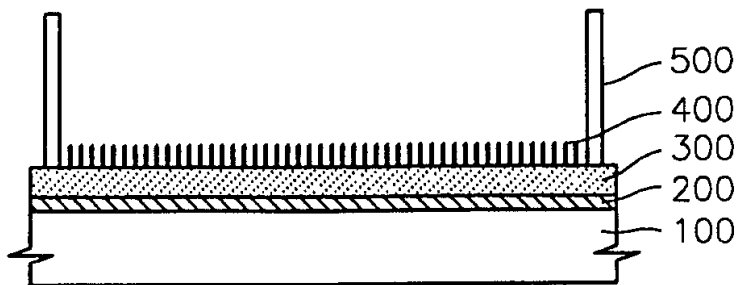


图5



图6

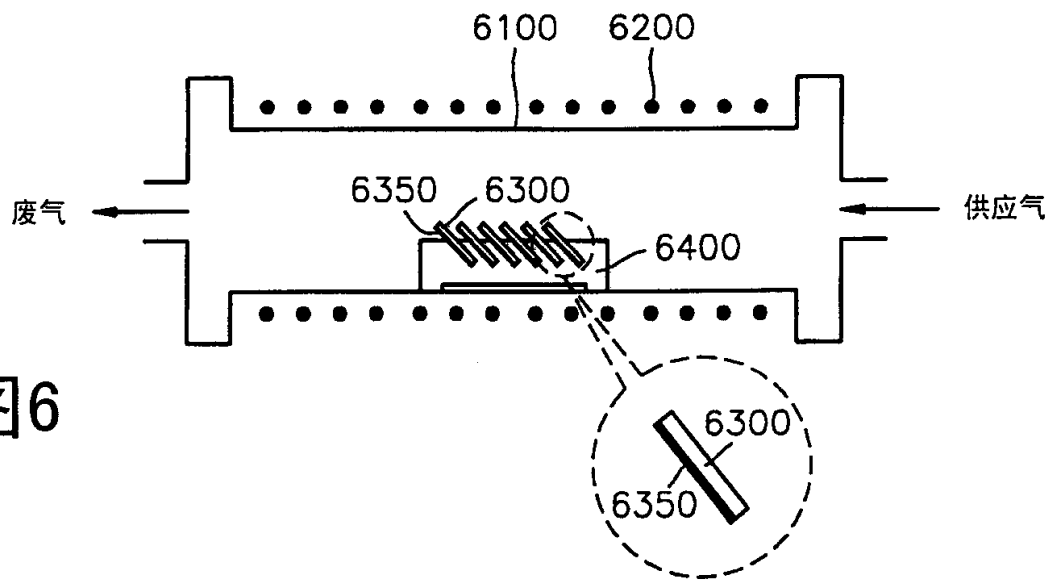


图7

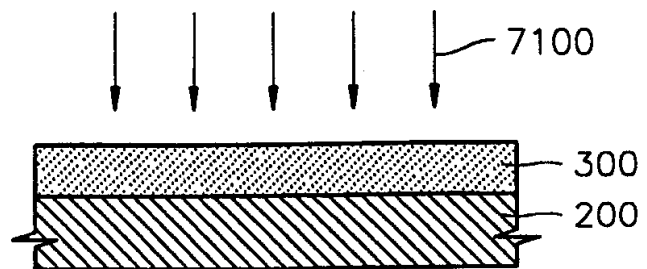


图8

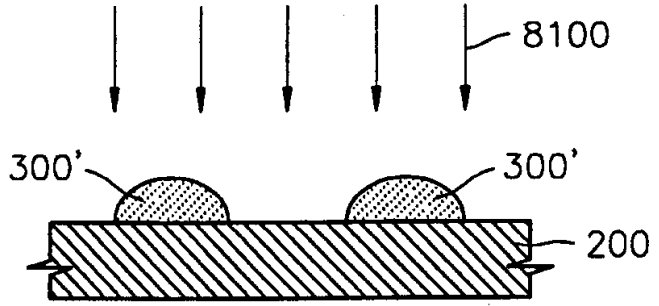


图9

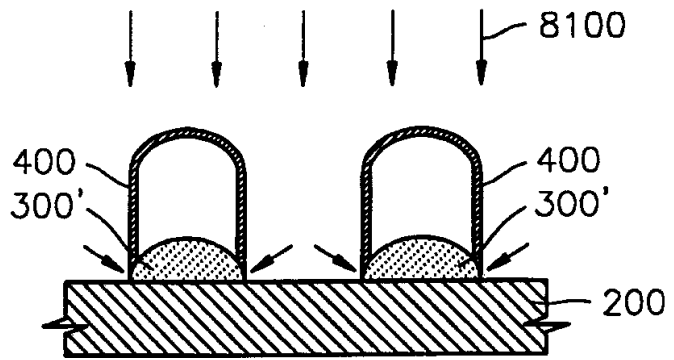


图10



图11

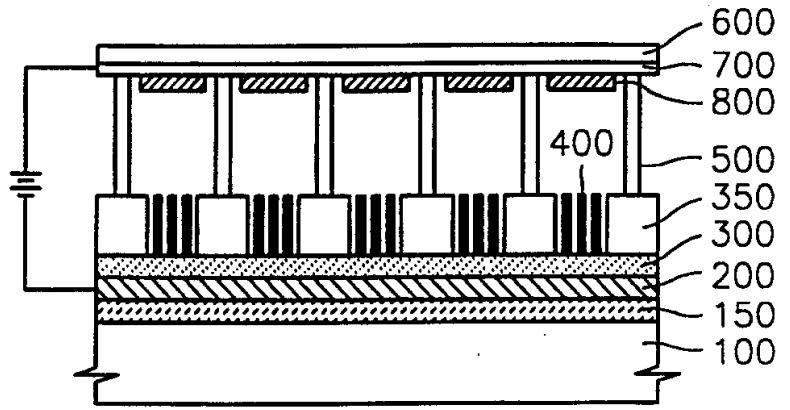


图12

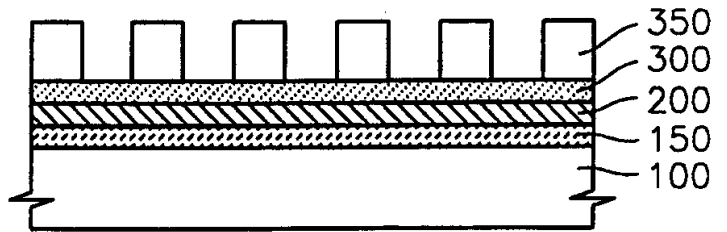


图13

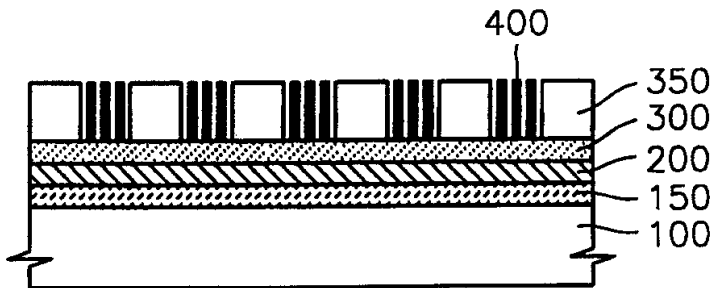


图14

