



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02145889.8

[43] 公开日 2004年4月21日

[11] 公开号 CN 1490856A

[22] 申请日 2002.10.16 [21] 申请号 02145889.8
[71] 申请人 中国科学院化学研究所
地址 100080 北京市海淀区中关村北一街2号
[72] 发明人 刘云圻 肖 恺 胡平安 于 贵
王贤保 朱道本

权利要求书1页 说明书4页 附图6页

[54] 发明名称 一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法

[57] 摘要

本发明公开了一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法，依如下顺序步骤进行：将 SiO₂/高掺杂硅基片放入石英管中部，通入氢气或氩气中的一种气体，开始加热，将盛有金属酞菁的石英舟放入路口温度为 500-600℃ 的区域，恒温 1-60 分钟后，停止加热，继续通氢气使电炉冷至 10-40℃，在基片上得到阵列碳纳米管薄膜，将其放入真空镀膜机，利用叉指电极模板真空蒸镀金作为薄膜晶体管的源、漏极。本发明制备方法工艺简单，成本低廉。所制备的器件空穴的场效应迁移率高达 79.5cm²/Vs。

1. 一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法，依如下顺序步骤进行：以高掺杂硅作为栅电极，其上氧化一层 200—400 纳米的 SiO₂ 作为栅极绝缘层，将此 SiO₂/高掺杂硅基片放入石英管中部，通入氢气或氩气中的一种气体，将控温仪设置到 800—1200°C，开始加热，当炉心温度达到设置温度时，将盛有金属酞菁的石英舟放入路口温度为 500—600°C 的区域，恒温 1—60 分钟后，停止加热，继续通氢气使电炉冷至 10—40°C，在基片上得到列阵碳纳米管薄膜，将其放入真空镀膜机，利用叉指电极模板真空蒸镀金作为薄膜晶体管的源、漏极。

2. 根据权利要求 1 的制备方法，其特征在于：所述气体的流量控制为每分钟 10—100 毫升。

3. 根据权利要求 1 的制备方法，其特征在于：所述金属酞菁的用量为石英舟体积的 1/6—2/3。

4. 根据权利要求 1 的制备方法，其特征在于：所述薄膜晶体管的沟道长度为 0.1—0.5 毫米，宽度为 50—66 毫米。

一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法

5 技术领域:

本发明涉及一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法。

背景技术:

薄膜晶体管是现代微电子技术的一种关键性元器件，它可以用于显示器、交易卡和身份识别器，易于制造，成本低等优点。薄膜晶体管主要由源极、漏极、栅极、栅极绝缘层以及半导体组成。当器件在积累模式时，电荷从源极注入半导体，在源漏之间移动形成电流。目前，用于薄膜晶体管的半导体材料主要是硅基材料，但是随着微电子器件尺寸的不断缩小，硅基电子器件的尺寸已接近其极限。因此开发新的、优良的、可制备更小尺寸器件的半导体材料尤为重要。

碳纳米管由于其独特的力学和电学性能，已经成为科学家广泛关注的极具潜力的特殊功能材料和器件材料。目前，碳纳米管被用于制备不同的电子元器件，尤其是具有半导体性能的碳纳米管是制备场效应晶体管的最有前途的材料。已有许多研究小组利用单根碳纳米管制成了晶体管(1: Derycke, V.; Martel, R.; Appenzeller, J.; Avouris, Ph. *Nano. Lett.* 2001, 1, 453. 2: Martel, R.; Schmidt, T.; Shea, H.R.; Hertel, T.; Avouris, Ph. *Appl. Phys. Lett.* 1998, 73, 2447. 3: Fuhrer, M.S.; Kim, B.M.; Durkop, T.; Brintlinger, T. *Nano. Lett.* 2002, 2, 755. 4: Choi, W.B.; Chu, J.U.; Jeong, K.S.; Bae, E.J.; Lee, J.W.; Kim, J.J.; Lee, J.O. *Appl. Phys. Lett.* 2001, 79, 3696.)。但是这些方法都离不开电子束光刻等仪器来制备，因为要想在宏观层次上测量碳纳米管的电学性能，淀积电极是非常困难的。目前的方法繁杂而且设备昂贵，这给碳纳米管在器件方面的应用带来了极大的困难和复杂性。因而

如何有效、简单、方便地测量碳纳米管的电学性能，成为许多科研和工程技术专家追求的目标。

阵列碳纳米管薄膜具有许多优良的电学性能，它的物理和化学性能具有高度的各项异性。目前阵列碳纳米管薄膜已经广泛用于场发射器件的研究 (Nilsson, L.; Groening, O.; Emmenegger, C.; Kuettel, O.; Schaller, E.; Schlapbach, L.; Kind, H.; Bonard, J.M.; Kern, K. *Appl. Phys. Lett.* 2000, 76, 2071)。王贤保等人用四探针方法测量了阵列碳纳米管膜的不同方向的电子传输性能，发现其径向和横向表现为不同的半导体性能 (Wang, X. B.; Liu, Y. Q.; Yu, G.; Xu, C. Y.; Zhang, J. B.; Zhu, D. B. *J. Phys. Chem. B* 2001, 105, 9422.)。因此，阵列碳纳米管膜可以应用于许多半导体器件，尤其是作为制备薄膜晶体管的半导体材料。

发明内容：

15 本发明利用一种阵列碳纳米管膜作为半导体材料，制备了薄膜晶体管器件。通过一种简单的方法，无需任何复杂的预处理过程，直接在栅极绝缘层上大面积生长出阵列规整、结构均匀的碳纳米管薄膜。然后在膜上用真空蒸镀的方法淀积金电极作为源、漏电极，并在室温下发现这种材料具有优良的场效应性能，其迁移率很高，20 可与硅电子器件相媲美。

本发明使用的阵列碳纳米管薄膜是按照文献 (1: Wang, X. B.; Liu, Y. Q.; Zhu, D. B. *Appl. Phys. A.* 2000, 71, 347. 2: 刘云圻, 王贤保, 朱道本, 申请号: 01124300.7) 合成的，只是将 n-型单晶硅片换为 SiO_2 /高掺杂 Si 基片，其由直径为 20 到 200 纳米，25 长度为 1 到 100 微米的结构均匀、阵列规整的碳纳米管阵列组成。

本发明的一种阵列碳纳米管薄膜晶体管的制备方法，依如下顺序步骤进行：以高掺杂硅作为栅电极，其上氧化一层 200—400 纳米的 SiO_2 作为栅极绝缘层，将此 SiO_2 /高掺杂硅基片放入石英管中部，通入氢气或氩气中的一种气体，气体的流量控制一般为每分钟30 10—100 毫升，将控温仪设置到 800—1200 $^{\circ}\text{C}$ ，开始加热，当炉心

温度达到设置温度时,将盛有金属酞菁的石英舟放入路口温度为 500—600°C 的区域,金属酞菁的用量一般为石英舟体积的 1/6—2/3,恒温 1—60 分钟后,停止加热,继续通氢气使电炉冷至 10—40°C,在基片上得到列阵碳纳米管薄膜,将其放入真空镀膜机,利用叉指电极模板真空蒸镀金作为薄膜晶体管的源、漏极,薄膜晶体管的沟道长度为 0.1—0.5 毫米,宽度为 50—66 毫米。利用 HP4140B 半导体测试仪,在源漏电压和栅极电压为 0—-1V 的范围内扫描,从而得出其迁移率和开关比。

本发明的器件是由碳纳米管膜制备的 P 沟道薄膜晶体管,其空穴的场效应迁移率高达 79.5cm²/Vs. 另外,本发明的 P 沟道器件的开关比大于 100。而且,这些性能都是在空气中测量得到的。

本发明制备的碳纳米管薄膜晶体管具有下述特征和优点:

1. 本发明制备的阵列碳纳米管薄膜晶体管器件在室温下具有比较高的空穴迁移率,是一种理想的薄膜晶体管半导体材料。
2. 通过改变反应条件,可以控制碳纳米管的结构,从而影响器件的空穴传输性能。
3. 利用本发明的方法制备的薄膜晶体管与传统的硅晶体管相比,工艺简单,成本低廉。
4. 本发明制备的阵列碳纳米管薄膜晶体管与有机薄膜晶体管相比,有机薄膜晶体管的场效应迁移率的并且在高温下性能降低。而碳纳米管在高温下其结构性能没有大的影响,一般多壁碳纳米管在空气中 600°C 才开始氧化。因此阵列碳纳米管薄膜晶体管在高温时也具有优良的性能和可靠性。

附图说明

图 1 阵列碳纳米管薄膜晶体管的结构图。1, 高掺杂硅栅极; 2, 二氧化硅绝缘层; 3, 碳纳米管膜; 4, 源极; 5, 漏极。

图 2 扫描电子显微镜拍摄的阵列碳纳米管薄膜的照片

图 3 透射电子显微镜拍摄碳纳米管薄膜的形貌。

图 4 扫描电子显微镜拍摄的阵列碳纳米管薄膜晶体管的照片。

图 5 碳纳米管薄膜晶体管的输出特性曲线

图 6 碳纳米管薄膜晶体管的转移特性曲线

具体实施方式

5 下面结合附图和实施实例对本发明进行详细说明。但本发明并不限于此例。

实施例 1 如图 1 所示, 本发明的一种阵列碳纳米管薄膜晶体管结构依次包括高掺杂硅为栅极 1, 二氧化硅 2 为绝缘层, 阵列碳
10 纳米管膜 3 作为半导体材料, 金电极 4, 5 为源、漏电极。将一块
20×20mm 大小的 SiO₂/Si 基片, 放入石英管中部, 连接好配气系统,
以每分钟 20 毫升的流量通入氢气, 设置温度 950°C, 使电炉升温,
当炉心温度达到 900°C 时, 将盛有 0.5 克酞菁铁的石英舟 (5 毫升)
放入炉口温度为 550°C 的区域恒温 5 分钟后停止加热。冷却至室温。
制得直径为 40 纳米, 长度 6 微米的阵列规整、尺寸均匀的碳纳米
15 管。纳米管的长度有扫描电子显微镜照片测得 (图 2) 和估算, 直
径由透射电子显微镜照片 (图 3) 测得。然后在镀膜机中用叉指电
极模板真空蒸镀金为源漏电极, 沟道长度和宽度分别为 0.4 毫米和
66 毫米。器件的结构示意图如图 1 所示, 器件的形貌可由扫描电子
显微镜照片 (图 4) 看到。最后, 用 HP4140B 半导体测试仪测量器
20 件的输出特性曲线 (图 5) 和转移特性曲线 (图 6), 源漏电压和栅
极电压在 0--1V 扫描。在空气中测量器件的空穴场效应迁移率为~
79.3cm²/Vs, 开关比大于~100。

实施例 2 按实施例 1 的制备方法, 只是将沟道长度和宽度改
25 变为 0.2 毫米和 53 毫米, 在室温下测量所得的器件的空穴场效应
迁移率为~48.9cm²/Vs, 开关比大于~75。

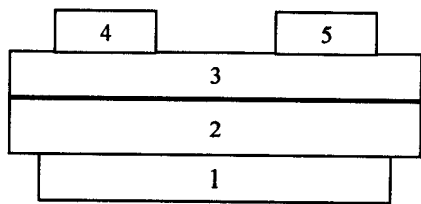


图 1

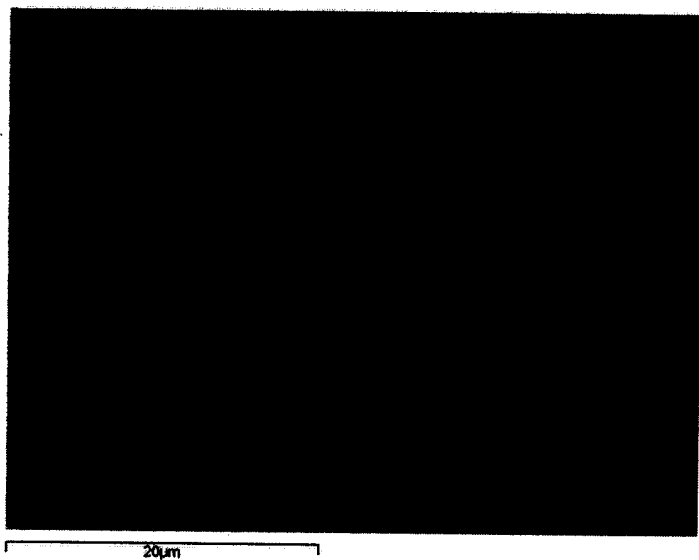


图 2



图 3

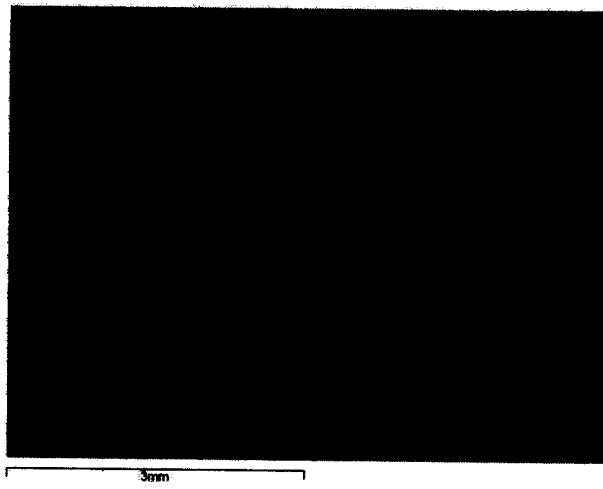


图 4

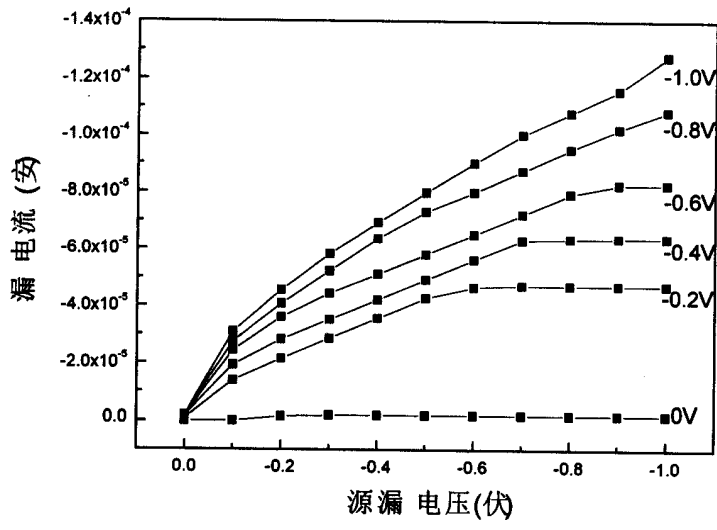


图 5

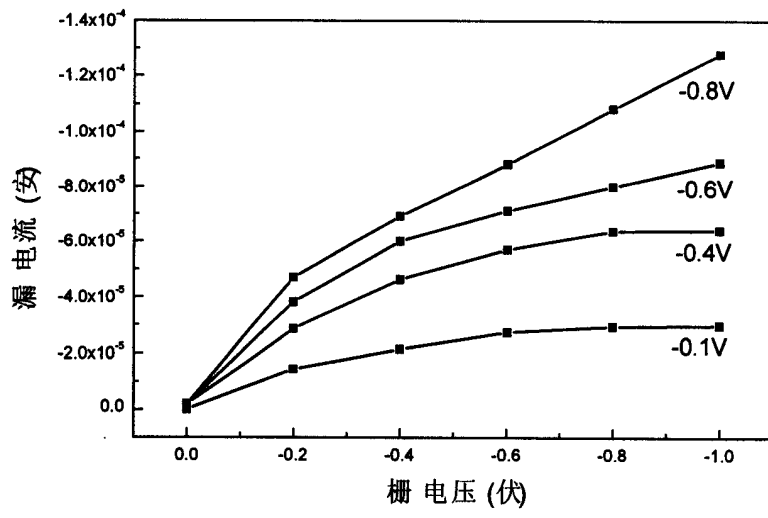


图 6