

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 51/00 (2006.01)

H01L 29/786 (2006.01)

C09K 11/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680046142.5

[43] 公开日 2008 年 12 月 17 日

[11] 公开号 CN 101326652A

[22] 申请日 2006.12.7

[21] 申请号 200680046142.5

[30] 优先权

[32] 2005.12.7 [33] US [31] 60/742,893

[86] 国际申请 PCT/CN2006/003320 2006.12.7

[87] 国际公布 WO2007/065363 英 2007.6.14

[85] 进入国家阶段日期 2008.6.6

[71] 申请人 香港大学

地址 中国香港薄扶林道

[72] 发明人 支志明

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 庞立志 韦欣华

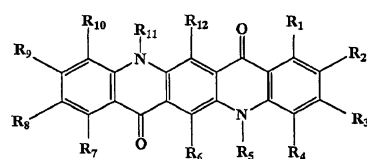
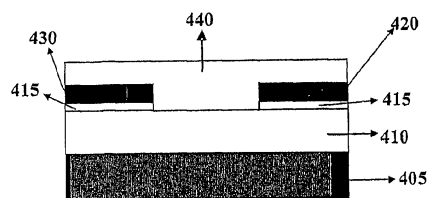
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于有机薄膜晶体管的材料

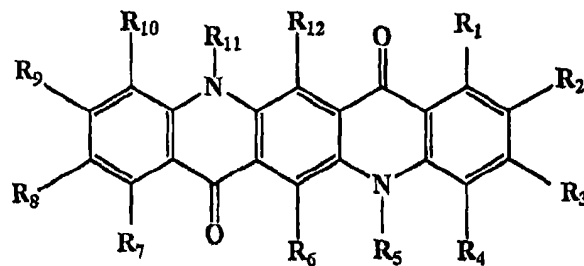
[57] 摘要

本发明提供包括式(I)的喹吡啉酮衍生物的有机薄膜晶体管。这些 OTFT 在制造平板显示器、光电装置和传感器中是有用的。在本发明中,所公开的喹吡啉酮衍生物在 OTFT 中表现为 p-型有机半导体。



(I)

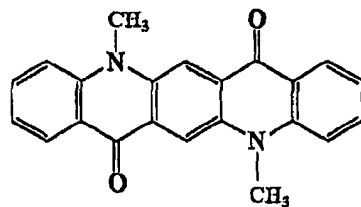
1. 一种有机场效应晶体管，其包括：栅极；金属氧化物层；粘接剂层；漏极；源极，和包含至少一种喹吡啶酮衍生物的活性层。
2. 权利要求1的晶体管，其中所述的栅极是硅、掺杂的硅或者铝。
3. 权利要求1的晶体管，其中所述的金属氧化物层是氧化硅或者氧化铝。
4. 权利要求1的晶体管，其中所述的粘接剂层是钛层或者钨层，或者铬层。
5. 权利要求1的晶体管，其中所述的漏极是金层或者铂层。
6. 权利要求1的晶体管，其中所述的源极包括是金层或者铂层。
7. 权利要求1的晶体管，其中所述的喹吡啶酮衍生物是：

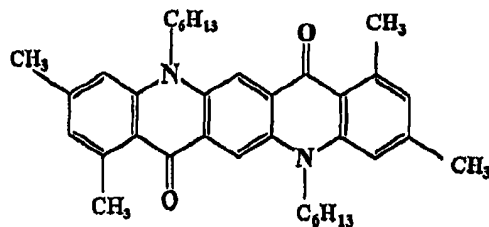
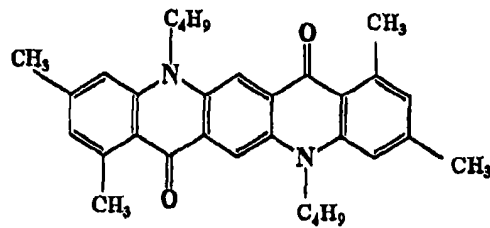
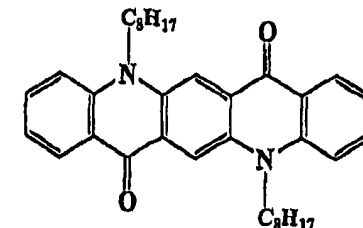
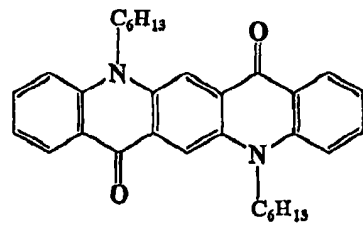
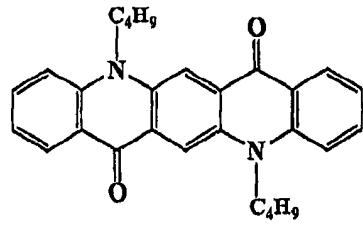
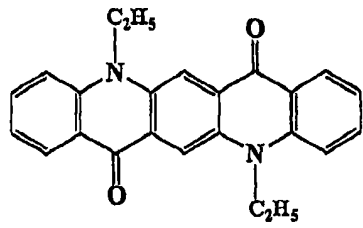


(I)

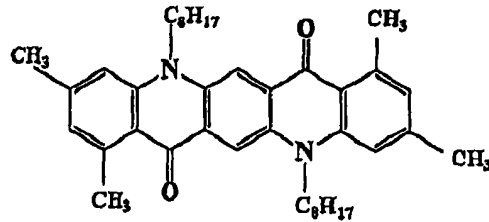
每个 R^1 - R^{12} 独立的是 -H, -OH, -NH₂, -卤素, -SH, -CN, -NO₂, -R¹³, -OR¹⁴, -SR¹⁴, -NHR¹⁴, 或者 -N(R¹⁴)₂; 每个 R¹³ 是 -(C₁-C₃₀)烷基, -苯基, -萘基或者噻吩; 它们的每个是未被取代的或者用一个或多个 -(C₁-C₁₅)烷基, -苯基, -萘基或者-噻吩取代; R¹⁴ 的定义同上面的 R¹³。

8. 权利要求7的晶体管，其中所述的喹吡啶酮衍生物是具有下面结构的组分：





或



9. 权利要求 7 的晶体管, 其中所述的喹吡啉酮衍生物与漏极或者与源极相接触。

10. 权利要求 7 的晶体管, 其中所述的喹吡啉酮衍生物充当空穴传输材料来在偏压下传导电流。

11. 权利要求 7 的晶体管, 其中所述的电流至少是 μA 的。

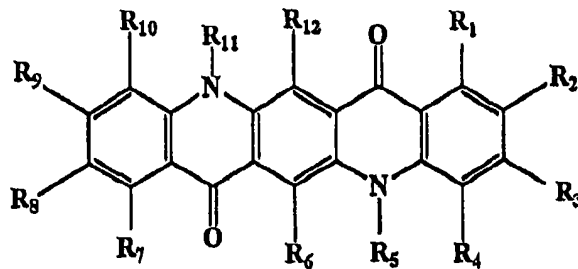
12. 权利要求 7 的晶体管, 其中场效应迁移率至少是 $0.1 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, 电流开/关比至少是 10^4 。

13. 权利要求 7 的晶体管, 其中所述的晶体管处于平板显示器、光电装置或者传感器中。

14. 一种制造有机场效应晶体管的方法, 其包括: 在栅极上提供栅极氧化物; 提供在栅极顶上的薄粘接层和与该粘接层相接触的漏极和源极; 和提供与漏极和源极相接触的喹吡啉酮衍生物层。

15. 根据权利要求 16 的方法, 其中漏极和源极是金或铂。

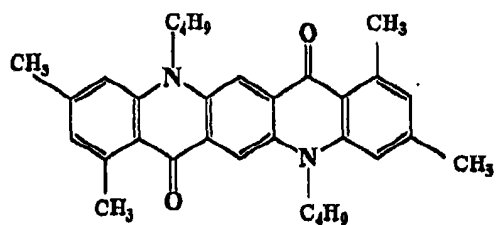
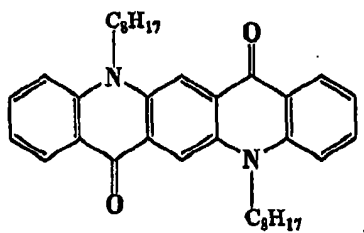
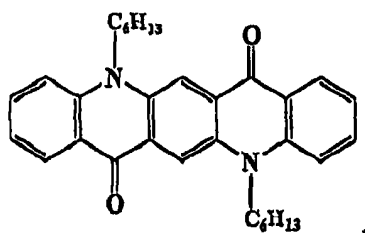
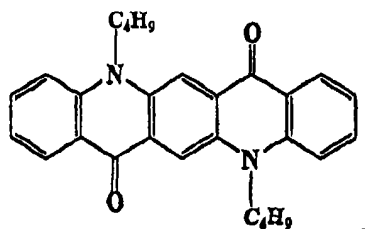
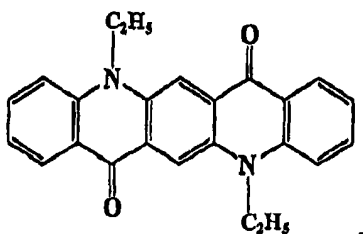
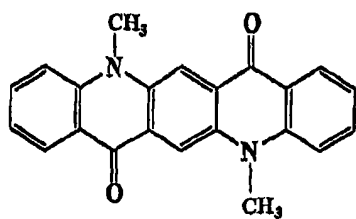
16. 根据权利要求 16 的方法, 其中喹吡啉酮衍生物是

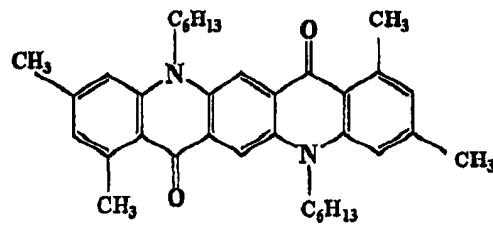


(I)

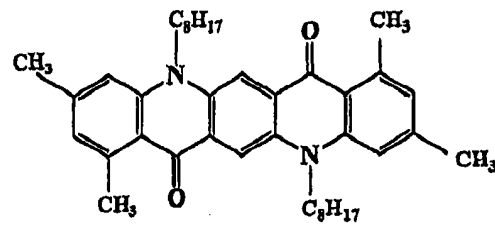
每个 R¹-R¹² 独立的是 -H, -OH, -NH₂, -卤素, -SH, -CN, -NO₂, -R¹³, -OR¹⁴, -SR¹⁴, -NHR¹⁴, 或者 -N(R¹⁴)₂; 每个 R¹³ 是 -(C₁-C₃₀) 烷基, -苯基, -萘基或者噻吩; 它们的每个是未被取代的或者用一个或多个 -(C₁-C₁₅) 烷基, -苯基, -萘基或者噻吩取代; R¹⁴ 的定义同上面的 R¹³。

17. 根据权利要求 19 的方法, 其中所述的喹吡啉酮衍生物具有下面的结构:





或



18. 一种平板显示器，其包含至少一种根据权利要求7的 OTFT。
19. 一种光电装置，其包含至少一种根据权利要求7的 OTFT。

用于有机薄膜晶体管的材料

相关申请的交叉引用

本申请要求美国临时专利申请 No.60/742893(申请日 2005 年 12 月 7 日)的权益, 其全部内容在此引入作为参考。

技术领域

本发明涉及有机薄膜晶体管(OTFT), 其包含作为电荷传输材料的至少一种喹吡啶酮(quinacridone)衍生物。所公开的喹吡啶酮衍生物在 OTFT 中表现出空穴传输性能。本发明进一步涉及应用于电子学方面包括平板显示器、光电装置和传感器的喹吡啶酮衍生物基 OTFT。

参考文献

几种出版物在此作为参考。全部所引用的这些出版物在下面给出。这些出版物所公开的内容以其全部引入作为参考。

发明背景

因为它们的低制造成本、与玻璃和塑料基板高相容性、大面积的覆盖和简单的制造方法, 因此有机薄膜晶体管(OTFT)已经用作常规的硅基 TFT 的备选物(参见 Horowitz, Adv.Mater., 10:365(1998))。OTFT 可以用作柔性显示器(参见 Sheraw 等人, Appl.Phys. Lett., 80:1088(2002)); 传感器(参见 Bartic 等人, Appl. Phys. Lett., 82:475(2003)); 和存储器装置(参见 Chabinyc 等人, Chem.Mater., 16:4509(2004))。已经发现存在有几种稳定的、便宜的有机半导体, 其对于 OTFT 应用是有用的。

OTFT 已经取得了相当大的进展, 特别是集中在发展 π -共轭的有机半导体上(参见 Inoue 等人, J. Appl. Phys., 95:5795(2004); Sheraw 等人, Adv. Mater., 15:2009(2003); Yan 等人, Adv. Mater., 17:1191(2005))。含有刚性和稠环结构的 π -共轭的有机材料是非常令人感兴趣的, 其中可以实现在邻近的分子之间强的 π - π 相互作用。

已经进行了与作为用于 OTFT 的有机半导体的 p-型并五苯

(pentacene)和它的衍生物相关的研究(参见 US 6,284,562; US 6,734,038 B2; US 6,869,821 B2; Meng 等人, J. Am. Chem.Soc., 127:2406(2005); Anthony 等人, J. Am. Chem. Soc., 127:4986(2005))。但是, 由于其在常规有机溶剂中的差的溶解性, 因此这种材料的结构难以改变。

低聚噻吩(参见 Katz 等人, Chem.Mater., 7:2235(1995))和噻吩衍生物(参见 Yang 等人, Adv. Funct. Mater., 15:671 (2005); Gamier 等人, J. Am. Chem. Soc., 115:8716(1993))是另外一种 p-型有机半导体。已经证明通过将长烷基链连接到噻吩环上, 提高了所述装置的性能(参见 Katz 等人, Chem. Mater., 10:633(1998))。芳基乙炔型 p-型 OTFT 同样也得以证实(参见 Che 等人, Adv. Mater., 17:1258 (2005))。通过将给电子体/受电子体基团引入到 π -共轭的芳基乙炔低聚物, 获得了 $0.3 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的电荷载体迁移率和延长的装置稳定性。

其他同样已经用于 OTFT 的是 p-型稠合的芳族化合物例如二苯并噻吩并双苯并二噻吩($\mu=0.2 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$; $I_{\text{开}}/I_{\text{关}}\sim 10^6$)(参见 Sirringhaus 等人, J. Mater. Chem., 9:2095(1999)), 双二噻吩并噻吩($\mu=0.05 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$; $I_{\text{开}}/I_{\text{关}}=10^8$)(参见 Holmes 等人, J. Am. Chem. Soc., 120:2206(1998)), 二氢二氮杂并五苯($\mu=0.006 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$; $I_{\text{开}}/I_{\text{关}}=5\times 10^3$)(参见 Nuckolls 等人, J. Am. Chem. Soc., 125:10284(2003))和二苯基苯并二硫属苯(diphenylbenzodichalcogenophenes)($\mu=0.17 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$; $I_{\text{开}}/I_{\text{关}}=10^5$)(参见 Takimiya 等人, J. Am. Chem. Soc., 126:5084(2004))。

喹吡啶酮和它的衍生物的发光性、光敏性和结构性能已经进行广泛的研究(参见 Wightman 等人, J. Am. Chem. Soc., 122:4972(2000); Wang 等人, J. Phys. Chem B, 109:8008(2005); Shi 等人, Appl. Phys. Lett., 70:1665(1997); Hiramoto 等人, Jpn. J. Appl. Phys., 35:L349(1996)), 这些化合物在周围环境中是稳定的并广泛用作发光和光电导材料。

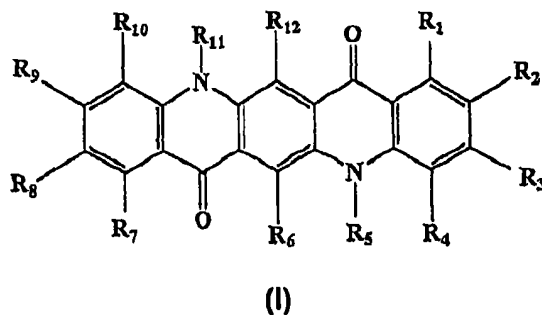
发明概述

本发明可以提供包含一种或多种活性层的有机薄膜晶体管(OTFT), 其使用至少一种喹吡啶酮衍生物作为电荷传输材料。该活性电荷传输材料可以在施加偏压下进行电荷传输。所述的晶体管表现出

与其他有机薄膜晶体管可相比的场效应迁移率(field effect mobility)。本发明提供用于平板显示器，光电装置和传感器的喹吡啶酮衍生物基 OTFT。

本发明还可以提供有机薄膜晶体管(OTFT)，其使用包含至少一种喹吡啶酮衍生物作为活性电荷传输材料的活性层。优选地，所述的晶体管可以用作 p-型 OTFT。

在本发明的一种实施方案中，提供一种有机薄膜晶体管(OTFT)，其可以包含栅极、粘接剂层、漏极、源极、和包含至少一种喹吡啶酮衍生物的活性层。在本发明的一种优选的实施方案中，所述的喹吡啶酮衍生物可以具有下面的式：



其中每个 R^1 - R^{12} 独立的是 -H, -OH, -NH₂, -卤素, -SH, -CN, -NO₂, -R¹³, -OR¹⁴, -SR¹⁴, -NHR¹⁴, 或者 -N(R¹⁴)₂; 每个 R¹³ 是 -(C₁-C₃₀)烷基, -苯基, -萘基或者噻吩; 它们的每个是未被取代的或者用一个或多个 -(C₁-C₁₅)烷基, -苯基, -萘基或者-噻吩取代; R¹⁴ 的定义同上面的 R¹³。

更优选的，当施加电压时，所述的使用如本文中(I)所示的喹吡啶酮衍生物的有机薄膜晶体管(OTFT)显示了至少 $0.1 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 空穴迁移率(hole mobility)和至少 10^4 电流开/关比。

本发明的喹吡啶酮衍生物基 OTFT 可以应用到电子领域，包括平板显示器、光电装置、传感器等等。

附图说明

本发明另外的特征和优点可以通过查看下面的详细说明书的优选的实施方案和一起使用的相关的附图来理解，其中：

图 1 表示包括本发明的喹吡啶酮衍生物的场效应晶体管的示意图；

图 2 表示用 Q8 制造的 OTFT(沟道长度 $40\mu\text{m}$, 沟道宽度 $3000\mu\text{m}$) 电流-电压(I-V)特性, 漏极电流(I_{DS})对漏极电压(V_{DS}), 表征为栅极电压(V_{G})的函数;

图 3 表示用 Q8 制造的 OTFT(沟道长度 $40\mu\text{m}$, 沟道宽度 $3000\mu\text{m}$) 电流-电压(I-V)特性: 在不变的 -40V 的源极-漏极电压的饱和区(saturation regime)的转移曲线(transfer curve)和作为栅极电压函数的电流绝对值的平方根;

图 4 表示一种在二氧化硅表面上的 Q1 的扫描电子显微图像;

图 5 表示一种在二氧化硅表面上的 Q2 的扫描电子显微图像;

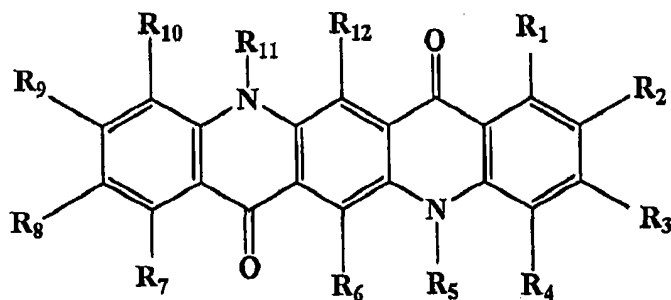
图 6 表示一种在二氧化硅表面上的 Q3 的扫描电子显微图像;

图 7 表示一种在二氧化硅表面上的 Q6 的扫描电子显微图像; 和

图 8 表示一种在二氧化硅表面上的 Q8 的扫描电子显微图像。

优选的实施方案的详细说明

本发明可以提供有机薄膜晶体管(OTFT), 其包含一种或多种喹吡啉酮衍生物作为活性电荷传输材料来便于电荷在晶体管中流动。在一种实施方案中, 如下式 I 中所示的, 喹吡啉酮衍生物可以用在 OTFT 中, 其可以分别表现出至少 $0.1 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 空穴迁移率和至少 10^4 的电流开/关比:

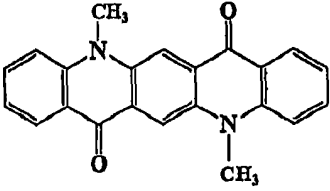
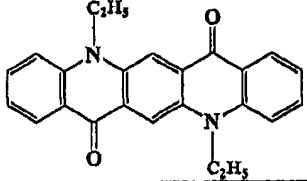
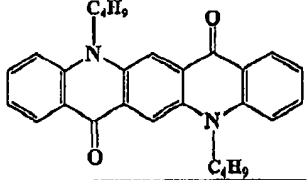
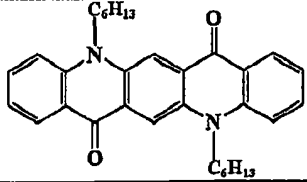
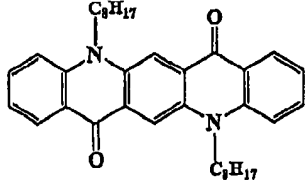
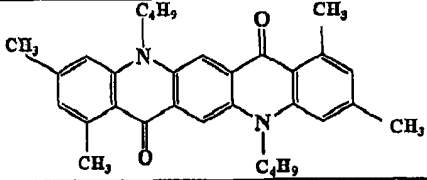
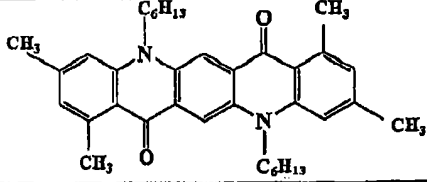
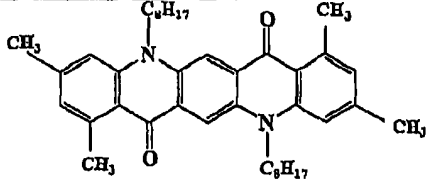


(I)

其中每个 R^1 - R^{12} 独立的是 $-\text{H}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{卤素}$, $-\text{SH}$, $-\text{CN}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{R}^{13}$, $-\text{OR}^{14}$, $-\text{SR}^{14}$, $-\text{NHR}^{14}$, 或者 $-\text{N}(\text{R}^{14})_2$; 每个 R^{13} 是 $-(\text{C}_1-\text{C}_{30})$ 烷基, $-\text{苯基}$, $-\text{萘基}$ 或者 $-\text{噻吩}$; 它们的每个是未被取代的或者用一个或多个 $-(\text{C}_1-\text{C}_{15})$ 烷基, $-\text{苯基}$, $-\text{萘基}$ 或者 $-\text{噻吩}$ 取代; R^{14} 的定义同上面的 R^{13} 。

式(I)的示意性的例子和示例性的化合物在下表 1 中列出:

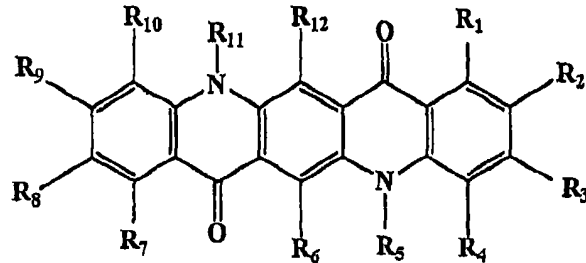
表 1

结构	化合物
	Q1
	Q2
	Q3
	Q4
	Q5
	Q6
	Q7
	Q8

本发明还可以提供一种有机场效应晶体管，其包含栅极，金属氧化物层，粘接剂层，漏极，源极，和包含上述的至少一种喹吡啉酮衍生物的活性层。所述的栅极可以是硅、掺杂的硅或者铝。所述的金属

氧化物层可以是氧化硅(silicon oxide)或者氧化铝(aluminum oxide)。所述的粘接剂层可以是钛层或者钨层，或者铬层。所述的漏极可以是金层或者铂层。所述的源极可以是金层或者铂层。

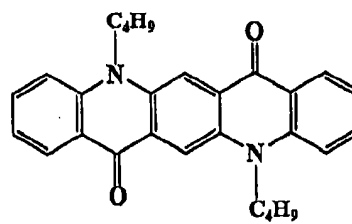
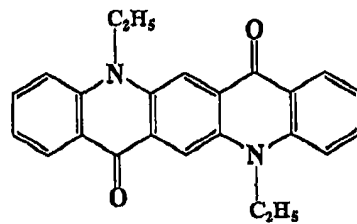
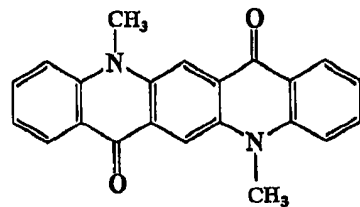
在一种实施方案中，喹吡啶酮衍生物可以是：

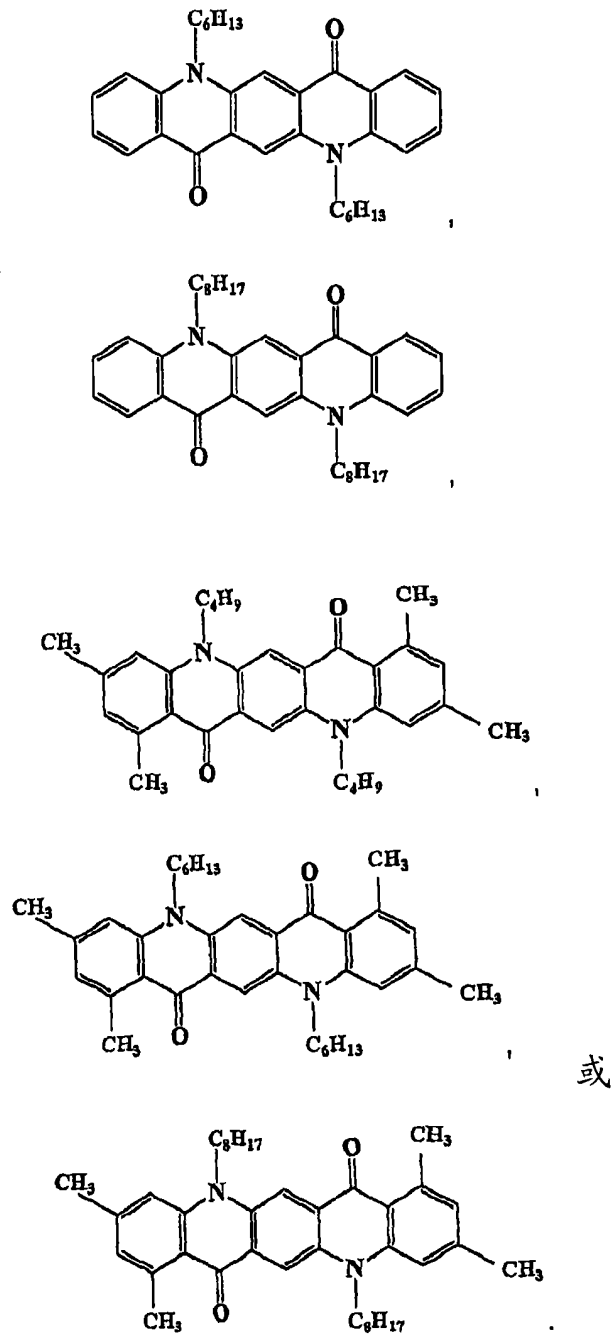


(I)

其中每个 R^1 - R^{12} 独立的是 -H, -OH, -NH₂, -卤素, -SH, -CN, -NO₂, -R¹³, -OR¹⁴, -SR¹⁴, -NHR¹⁴, 或者 -N(R¹⁴)₂; 每个 R¹³ 是 -(C₁-C₃₀)烷基, -苯基, -萘基或者噻吩; 它们的每个是未被取代的或者用一个或多个 -(C₁-C₁₅)烷基, -苯基, -萘基或者噻吩取代; R¹⁴ 的定义同上面的 R¹³。

在另外一种实施方案中，所述的喹吡啶酮衍生物可以是具有下式的化合物：





在一种另外的实施方案中，所述的喹吡啉酮衍生物与漏极或者源极相接触。在另外一种示例性的实施方案中，所述的喹吡啉酮衍生物充当空穴传输材料来在偏压下传导电流。在一种示例性的实施方案中，所述的电流至少是 μA 的。

在本发明的有机场效应晶体管中，场效应迁移率至少是 $0.1 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ，电流开/关比至少是 10^4 。包含喹吡啉酮衍生物的晶体管可以潜在地用于平板显示器、光电装置、传感器或者类似物中。

下面的实施例被提出来帮助理解本发明，但不打算也不应当解释

为对本发明任何方式的限制。

实施例 1

本发明的喹吡啶酮衍生物基晶体管的构造示意性地表示在图 1 中。晶体管 400 具有所示的多个层。优选地包含 SiO_2 的栅极氧化物 410 被沉积在栅极 405, n-型 Si 栅极上。将包含 Ti 的薄粘接层 415 置于层 410 的顶上。金漏极 420 和金源极 430 与层 415 相接触。包含至少一种喹吡啶酮衍生物的活性层 440 被沉积在层 410, 420 和 430 的顶上。在层 440 中的喹吡啶酮衍生物与漏极 420 和源极 430 相接触。

在一种优选的实施方案中, 栅极氧化物 410 的厚度是 100 nm(介电常数=3.9), 粘接层 415 的厚度是 10nm。晶体管 400 的活性沟道是 1-5 μm , 其被定义为漏极和源极之间的距离。

实施例 2

喹吡啶酮衍生物基晶体管可以在基板-栅极结构上制造。栅极氧化物 SiO_2 层(100 nm, 介电常数=3.9)在 n-型 Si 基板(所述的栅极)上热生长。使用图像翻转光刻法(image reversal photolithography), 在光致抗蚀剂层上形成用于源极和漏极图案的槽(opening)。将在薄 Ti 粘接膜(10 nm)上的源极和漏极金属层(Au 导电薄膜(50 nm))通过真空沉积来沉积在 SiO_2 层的顶上。

在源极和漏极沉积之后, 使用在丙酮溶液中的常规的剥离(lift-off)方法来除去在光致抗蚀剂图案顶上的不需要的金属薄膜。将在栅极氧化物基板上的源极/漏极金属图案用异丙醇和去离子水分别清洗, 随后在氮气氛下干燥。该 Au 电极的轮廓用 AFM 来表征, 其表现出光滑的斜面和沿着整个沟道宽度的规则的图案。全部的装置具有 40 和 3000 μm 的沟道长度和宽度。

实施例 3

在这个实施例中, 在沉积活性层之前, 将该图案化的晶体管清理干净。所述的程序如下所示: 首先, 将该晶体管用丙酮、甲苯、甲醇和 18M Ω 的水依次清洗。然后, 保持该晶体管在氮气氛下直到干燥, 然后转移到 UV-臭氧室。将该晶体管在 UV 臭氧处理下清洁 15min 并

在氮气氛下干燥。分别制造包含喹吡啶酮衍生物作为活性层的底部接触 OTFT 装置。全部的晶体管分别在高真空条件下(1.0×10^{-6} Torr)在图案化的基板上用喹吡啶酮衍生物(厚度=50nm; 沉积速率=2Å/s)来制造。

实施例 4

Q1-Q8 的热稳定性通过在真空沉积之前的热重分析(TGA)来表征。分解温度(T_d)是在氮气氛下用 15°C/min 的扫描速度来测量的, 并且结果列于表 2 中。全部的喹吡啶酮衍生物对于以高到 406°C T_d 的真空热沉积是热稳定的, 达 4。

表 2 Q1-Q8 的热性能和场效应特性

化合物	TGA(°C)	迁移率 ($\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)	$I_{\text{开}}/I_{\text{关}}$	阈值 (V)
Q1	401	1.5×10^{-3}	2×10^2	-18
Q2	375	-	-	-
Q3	406	-	-	-
Q4	393	-	-	-
Q5	373	-	-	-
Q6	375	1.5×10^{-3}	1×10^3	-4
Q7	376	3.1×10^{-3}	1×10^2	-12
Q8	388	1.0×10^{-1}	1×10^4	-17

实施例 5

分别测量用 Q1-Q8 制成的 OTFT 的饱和区中的场效应迁移率, 并将它们的性能列于表 2 中。Q1-Q8 具有类似的化学结构; 但是, 它们的晶体管性能明显不同。仅 Q1 和 Q6-8 在它们相应的 OTFT 中表现出场效应迁移率。虽然 Q2-Q5 具有类似于它们的 Q6-8 对应物的相似的化学结构并且区别在于不具有链接到喹吡啶酮环的甲基基团, 但是在这些喹吡啶酮衍生物基晶体管中没有观察到晶体管性能。

在本发明中, N,N'-二(正辛基)-1,3,8,10-四甲基喹吡啶酮 Q8 被发现表现出最好的场效应迁移率。图 2 和 3 表示用 Q8 制成的有机晶体

管的输出和转移曲线(transfer curve)。该装置显示出在饱和与线性区二者中典型的 p-型 FET 性能,其与常规的晶体管模型是可比的。所达到的场迁移率和电流开/关比($I_{\text{开}}/I_{\text{关}}$)高达 $1 \times 10^{-1} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 和 $\sim 10^4$ 。

用 N,N'-二(正丁基)-或者 N,N'-二(正己基)-1,3,8,10-四甲基喹吡啶酮 Q6 和 Q7 制成的装置同样表现出 1.5 和 $3.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的场效应迁移率。相反,用包含在喹吡啶酮环上的 N,N'-二甲基取代基的 Q1 制成的装置表现出 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的迁移率。喹吡啶酮基 OTFT 的场效应迁移率随着喹吡啶酮部分的侧烷基链长度的增加而增加。

实施例 6

在二氧化硅表面上 Q1-Q3、Q6 和 Q8 的膜形态分别通过在相同条件下的 SEM 来表征。全部薄膜以 2 \AA s^{-1} 的沉积速率来沉积。如图 4 所示, Q1 表现出具有小晶粒的均质堆积薄膜,并且 Q1 基 OTFT 的场效应迁移率是 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。包含 N,N'-二乙基和 N,N'-二(正丁基)侧链的 Q2 和 Q3 表现出大间隙和不连续的平坦晶体,其彼此远离(图 5 和 6)。Q2 和 Q3 的松散配合的平坦晶体导致在它们的相邻分子之间较少的 π - π 相互作用。

与 Q3 相对比,包含在喹吡啶酮环上的 N,N'-二(正丁基)基团加上四个甲基取代基的 Q6 表现出 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的场效应迁移率。这个发现得到 Q6 薄膜的 SEM 显微照片的支持(图 7),其中观察到多晶粒结构。通过将链长度从 $-\text{C}_4\text{H}_9$ (Q6)增加到 $-\text{C}_8\text{H}_{17}$ (Q8),晶体堆积结构从松散(Q6, 图 7)转变为紧密的粒子结构(Q8, 图 8)。显然,浓缩的(condensed)晶体结构对于电荷载体流动是更加优选的。因此, Q6 基 OTFT 场效应迁移率是 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$,其比所报告的 Q8 的迁移率小两个数量级(表 2)。

这些结果表明喹吡啶酮分子的电荷载体迁移率非常依赖于所述的薄膜形态,其又取决于分子的化学结构。Q8 中四个甲基取代基和长 N,N'-二(正辛基)侧链的存在诱导了具有多晶粒的密集的和挤压的晶体堆积结构的形成。Q8-基 OTFT 的迁移率($10^{-1} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)优于其他相应的喹吡啶酮衍生物($\sim 10^{-3} \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)约 100 倍。

上面的说明和实施例仅仅示例性说明了实现本发明的目标、特征和优点的优选的实施方案,并且其目的并非将本发明限制于其中。在

下面的权利要求的主旨和范围内的本发明的任何改变都被认为是本发明的一部分。

参考文献

本申请中提及的下面的参考文献和其他专利、专利申请或者其他出版物在此引入作为参考：

1. G. Horowitz, Organic field-effect transistors(有机场效应晶体管), *Adv. Mater.* 1998, 10, 365-377.

2. C. D. Sheraw, L. Zhou, J. R. Huang, D. J. Gundlach, T. N. Jackson, M. G. Kane, I. G. Hill, M. S. Hammond, J. Campi, B. K. Greening J. Francl, J. West, Organic thin-film transistor-driven polymer-dispersed liquid crystal displays on flexible polymeric substrates(有机薄膜晶体管驱动的聚合物分散的液晶显示器/柔性聚合物基板), *Appl. Phys. Lett.* 2002, 80,1088-1090.

3. C. Bartic, A. Campitelli, S. Borghs, Field-effect detection of chemical species with hybrid organic/inorganic transistors(用杂化有机/无机晶体管场效应检测化学物种), *Appl. Phys. Lett.* 2003, 82, 475-477.

4. M. L. Chabiny, A. Salleo, Materials requirements and fabrication of active matrix arrays of organic thin-film transistors for displays(用于显示器的有机薄膜晶体管的活性基质阵列的材料要求和制造), *Chem. Mater.*, 2004, 16, 4509-4521.

5. Y. Inoue, S. Tokito, Organic thin-film transistors based on anthracene oligomers(基于蒽低聚物的有机薄膜晶体管), *J. Appl. Phys.* 2004, 95, 5795-5799.

6. C. D. Sheraw, T. N. Jackson, D. L. Eaton, J. E. Anthony, Functionalized pentacene active layer organic thin-film transistors(官能化并五苯活性层有机薄膜晶体管), *Adv. Mater.* 2003, 15, 2009-2011.

7. J. Zhang, H. Wang, X. Yan, J. Wang, J. Shi, D. Yan, Phthalocyanine Composites as high-mobility semiconductors for organic thin-film transistors(用于有机薄膜晶体管的作为高迁移率半导体的酞菁复合物), *Adv. Mater.* 2005, 17, 1191-1193.

8. B. J. Batlogg, C. Kloc, J. H. Scnon, Thin film transistors(薄膜晶

体管), 美国专利 6,284,562.

9. M. Shtein, S. R. Forrest, Method of manufacturing high-mobility organic thin films using organic vapor phase deposition(使用有机汽相沉积制造高迁移率有机薄膜的方法), 美国专利 6,734,038 B2

10. D. P. Knipp, J. E. Northrup, R. A. Street, Method for producing organic electronic devices on deposited dielectric materials(在沉积的介电材料上生产有机电子设备的方法), 美国专利 6,869,821 B2.

11. H. Meng, F. Sun, M. B. Goldfinger, G. D. Jaycox, Z. Li, W. J. Marshall, G. S. Blackman, High-performance, stable organic thin-film field-effect transistors based on bis-5'-alkylthiophen-2'-yl-2,6-anthracene semiconductors(基于双-5'-烷基噻吩-2'-基-2,6-蒽半导体的高性能稳定的有机薄膜场效应晶体管), J. Am. Chem. Soc. 2005, 127, 2406-2407.

12. M. M. Payne, S. R. Parkin, J. E. Anthony, C. C. Kuo, T. N. Jackson, Organic field-effect transistors from solution-deposited functionalized acenes with mobilities as high as $1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ (具有高达 $1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 的迁移率的获自溶液沉积的官能化并苯的有机场效应晶体管), J. Am. Chem. Soc. 2005, 127, 4986-4987.

13. H. E. Katz, L. Torsi, A. Dodabalapur, Synthesis, material properties, and transistor performance of highly pure thiophene oligomers(高纯噻吩低聚物的合成、材料性质和晶体管性能), Chem. Mater. 1995, 7, 2235-2237.

14. H. Yang, T. J. Shin, L. Yang, K. Cho, C. Y. Ryu, Z. Bao, Effect of mesoscale crystalline structure on the field-effect mobility of regioregular poly(3-hexyl thiophene) in thin-film transistors(在薄膜晶体管中区域规则的聚(3-己基噻吩)的中等规模晶体结构对场效应迁移率的影响), Adv. Funct. Mater. 2005, 15, 671-676.

15. F. Gamier, A. Yassar, R. Hajlaoui, G. Horowitz, F. Deloffre, B. Servet, S. Ries, P. Alnot, Molecular engineering of organic semiconductors: design of self-assembly properties in conjugated thiophene oligomers(有机半导体的分子加工: 在共轭噻吩低聚物中自组装性能的设计), J. Am. Chem. Soc. 1993, 115, 8716-8721.

16. H. E. Katz, J. G. Laquindanum, A. J. Lovinger, Synthesis,

solubility, and field-effect mobility of elongated and oxa-substituted α , ω -Dialkyl thiophene oligomers. extension of "polar intermediate" synthetic strategy and solution deposition on transistor substrates(延长和氧杂-取代的 α, ω -二烷基噻吩低聚物的合成、溶解性和场效应迁移率.“极性中间体”合成策略和晶体管基板上的溶液沉积的扩展), Chem. Mater. 1998, 10, 633-638.

17. V. A. L. Roy, Y. G. Zhi, Z. X. Xu, S. C. Yu, P. W. H. Chan, C. M. Che, Functionalized arylacetylene oligomers for organic thin-film transistors (OTFTs)(用于有机薄膜晶体管(OTFTs)的官能化芳基乙炔低聚物). Adv. Mater. 2005, 17, 1258-1261.

18. H. Sirringhaus, R. H. Friend, C. Wang, J. Leuninger, K. Müllen, Dibenzothienobisbenzothiophene - a novel fused-ring oligomer with high field-effect mobility(二苯并噻吩并双苯并二噻吩-具有高场效应迁移率的新稠合环低聚物), J. Mater. Chem. 1999, 9, 2095-2101.

19. X. C. Li, H. Sirringhaus, F. Garnier, A. B. Holmes, S. C. Moratti, N. Feeder, W. Clegg, S. J. Teat, R. H. Friend, A highly π -stacked organic semiconductor for thin film transistors based on fused thiophenes(基于稠合噻吩的用于薄膜晶体管的高 π -堆叠的有机半导体), J. Am. Chem. Soc. 1998, 120, 2206-2207.

20. Q. Miao, T. Q. Nguyen, T. Someya, G. B. Blanchet, and C. Nuckolls, Synthesis, assembly, and thin film transistors of dihydrodiazapentacene: an isostructural motif for pentacene(二氢二氮杂并五苯——并五苯的同构主体的合成、组件和薄膜晶体管). J. Am. Chem. Soc. 2003, 125, 10284-10278.

21. K. Takimiya, Y. Kunugi, Y. Konda, N. Niihara, T. Otsubo, 2,6-Diphenylbenzo[1,2-b:4,5-b']dichalcogenophenes: a new class of high-performance semiconductors for organic field-effect transistors(2,6-二苯基苯并[1,2-b:4,5-b']二硫属苯:新一类的用于有机场效应晶体管的高性能半导体), J. Am. Chem. Soc. 2004, 126, 5084-5085.

22. E. M. Gross, J. D. Anderson, A. F. Slaterbeck, S. Thayumanavan, S. Barlow, Y. Zhang, S. R. Marder, H. K. Hall, M. Flore Nabor, J. F. Wang, E. A. Mash, N. R. Armstrong, R. M. Wightman, Electrogenated

chemiluninescence from derivatives of aluminum quinolate and quinacridones: cross-reactions with triarylaminines lead to singlet emission through triplet-triplet annihilation pathways(从喹啉铝和喹吡啶酮的衍生物的电致化学发光现象: 与三芳基胺的交叉反应导致通过三联体-三联体湮灭通道的单峰发射), *J. Am. Chem. Soc.* 2000, 122, 4972-4979.

23. K. Ye, J. Wang, H. Sun, Y. Liu, Z. Mu, F. Li, S. Jiang, J. Zhang, H. Zhang, Y. Wang, C. M. Che, Supramolecular structures and assembly and luminescent of quinacridone derivatives(喹吡啶酮衍生物的超分子结构和组件和发光现象), *J. Phys. Chem. B* 2005, 109, 8008-8016.

24. J. Shi, C. W. Tang, Doped organic electroluminescent devices with improved stability(具有改进稳定性的掺杂有机电致发光器件), *Appl. Phys. Lett.* 1997, 70, 1665-1667.

25. M. Hiramoto, S. Kawase, M. Yokohama, Photoinduced hole injection multiplication in p-type quinacridone pigment films(在 p-型喹吡啶酮颜料薄膜中的光致空穴注入倍增), *Jpn. J. Appl. Phys.* 1996, 35, L349-L351.

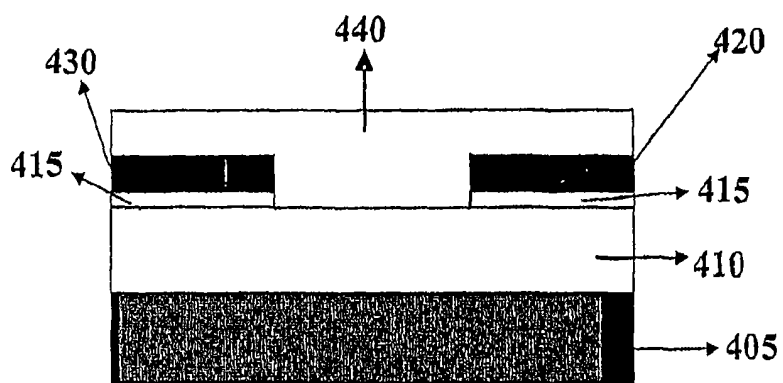


图 1

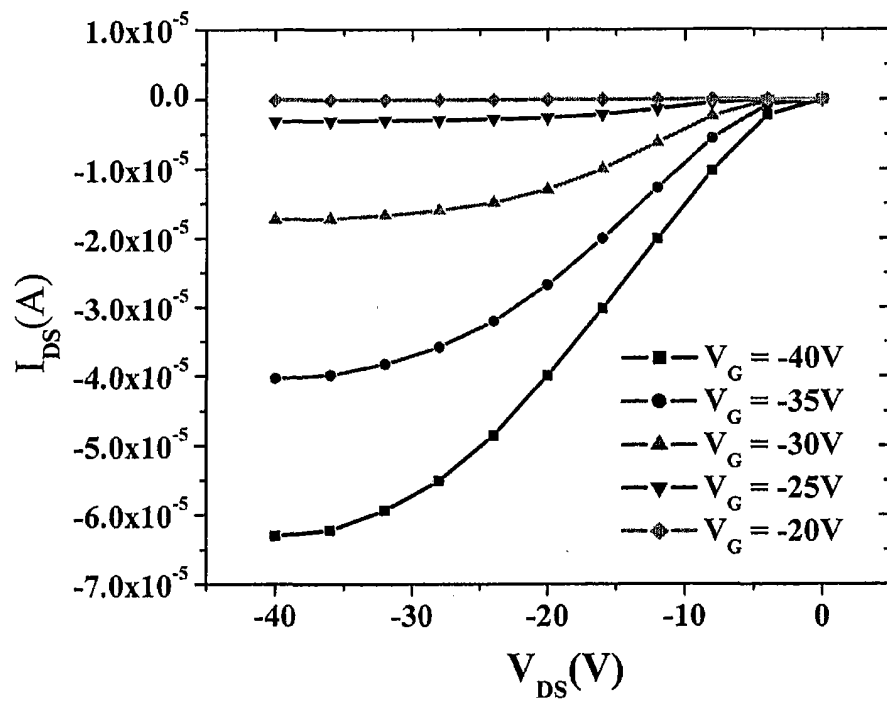


图 2

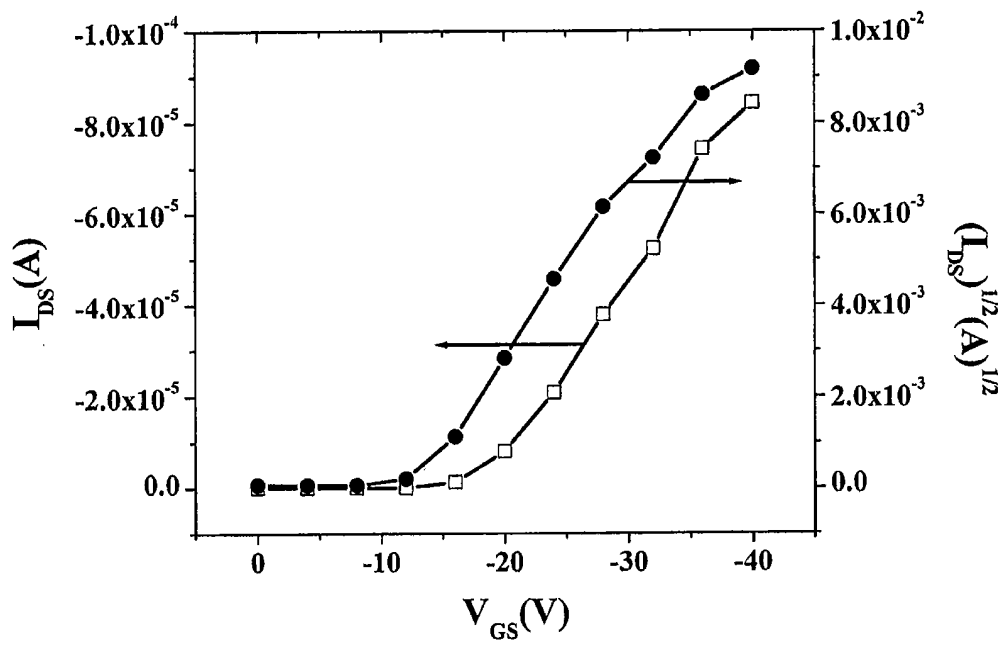


图 3

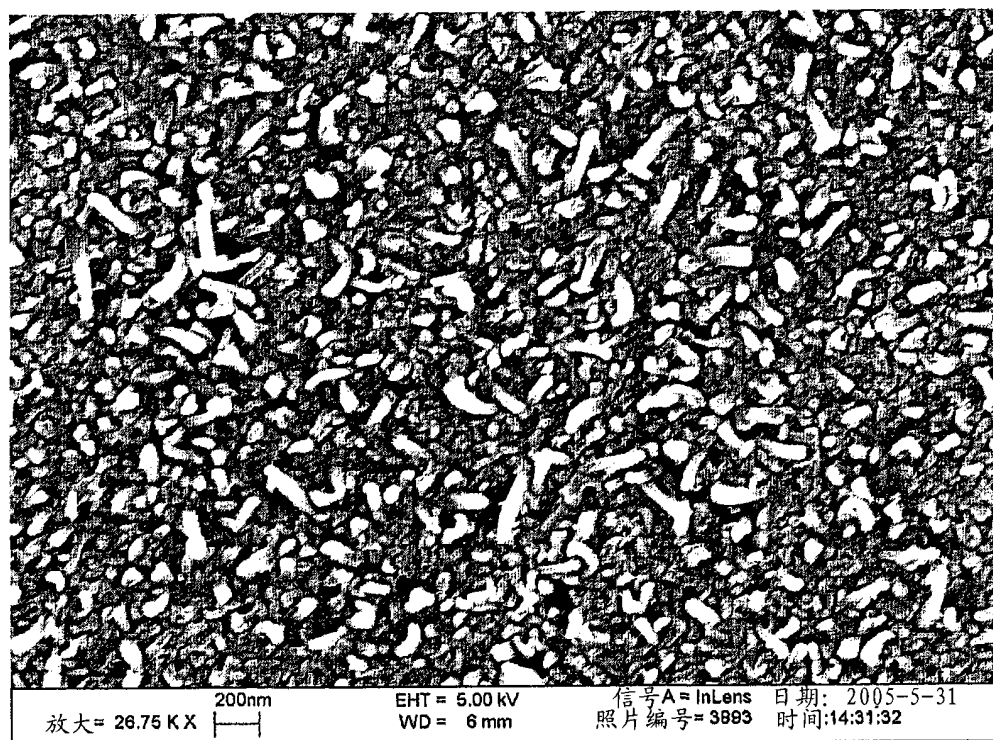


图 4

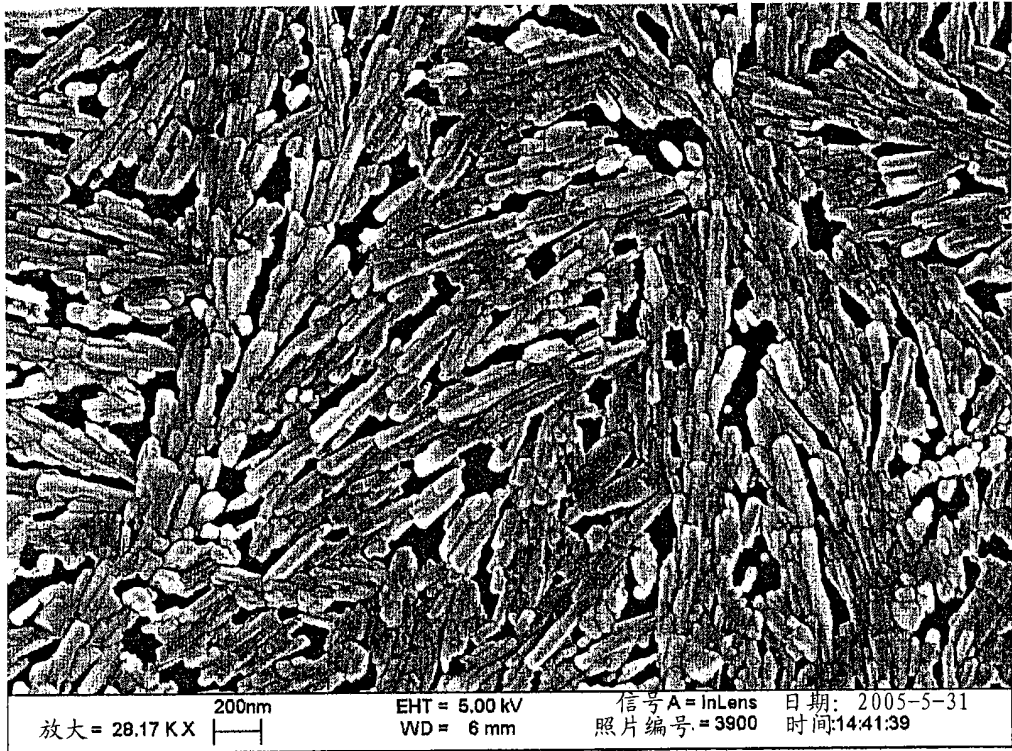


图 5

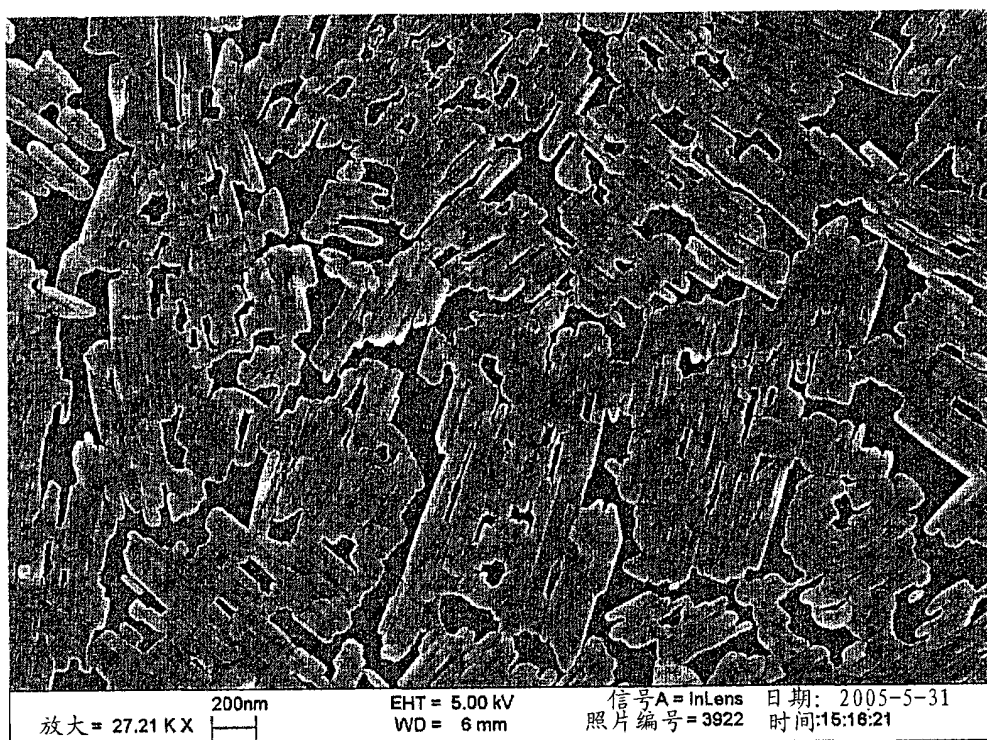


图 6

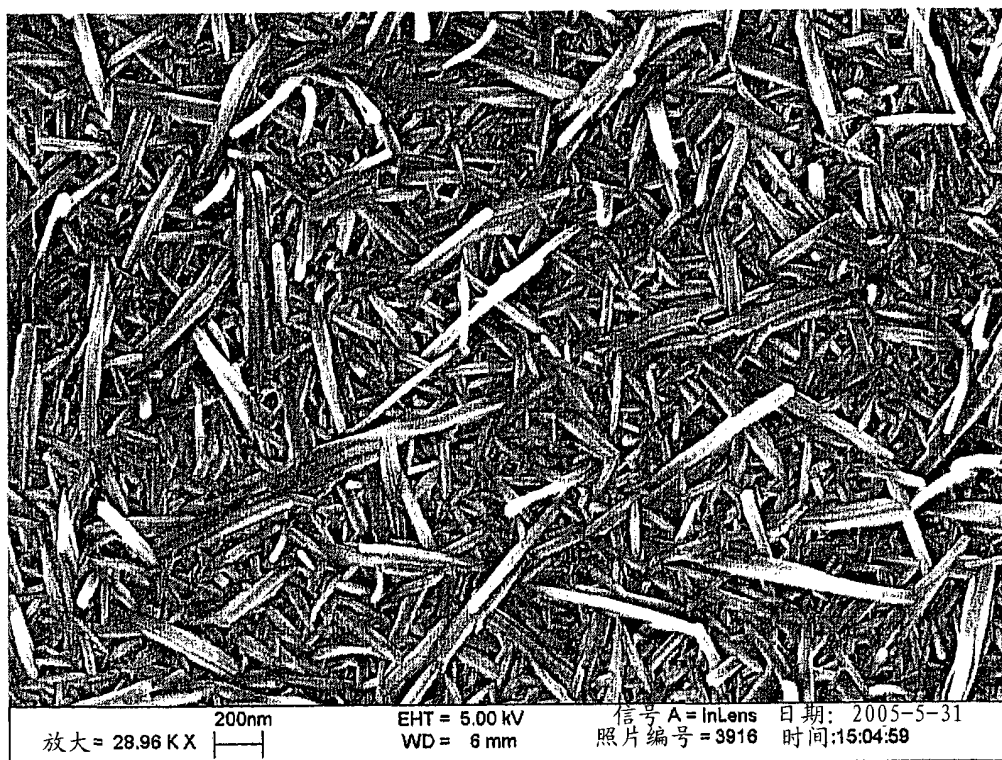


图 7

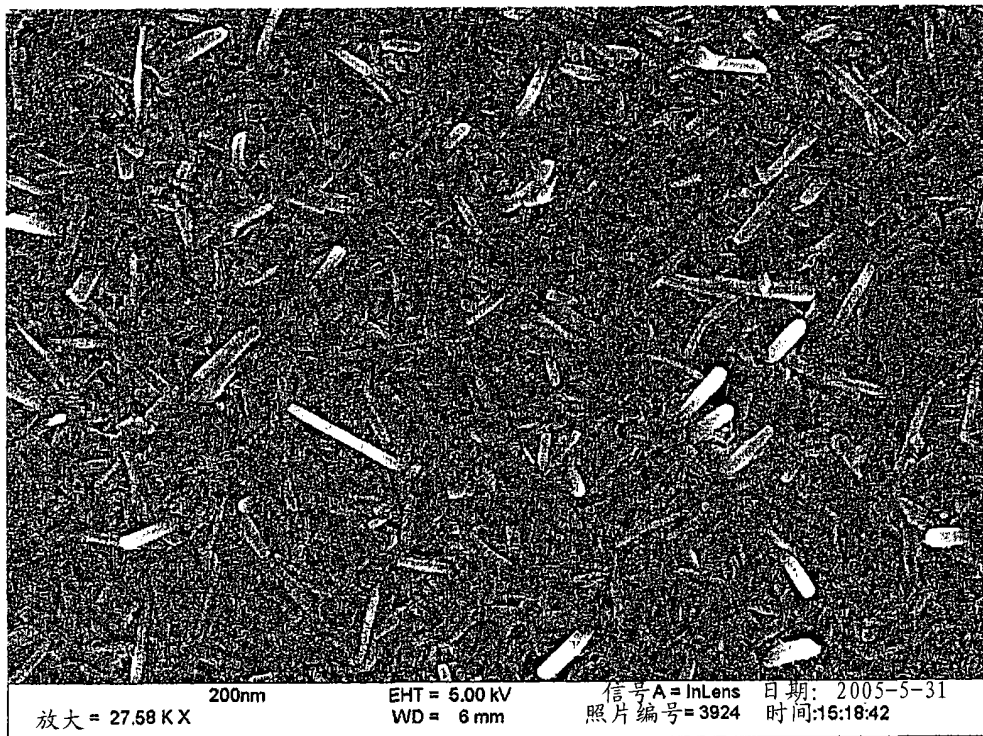


图 8