

# 对以并五苯和酞菁铜为不同有源层的有机薄膜晶体管特性研究<sup>\*</sup>

袁广才 徐 征<sup>†</sup> 赵谔玲 张福俊 姜薇薇 黄金昭 宋丹丹 朱海娜 黄金英 徐叙

(北京交通大学光电子技术研究所, 北京 100044)

(北京交通大学发光与光信息技术教育部重点实验室, 北京 100044)

(2007 年 7 月 27 日收到, 2008 年 3 月 31 日收到修改稿)

通过扫描电镜和 X 射线衍射对 SiO<sub>2</sub> 衬底上生长并五苯和酞菁铜薄膜的表面形貌进行表征, 并得到在 SiO<sub>2</sub> 衬底上生长的并五苯薄膜是以岛状结构生长, 其大小约为 100 nm, 且薄膜有较好的结晶取向, 呈多晶态存在. 酞菁铜薄膜则没有表现出明显的生长机理, 其呈非晶态存在. 还对通过掩膜的方法制作得以酞菁铜和并五苯为有源层的顶栅极有机薄膜晶体管的特性进行了研究. 有源层的厚度为 40 nm, 绝缘层 SiO<sub>2</sub> 的厚度为 250 nm, 器件的沟道宽长比 ( $W/L$ ) 为 20. 通过 Keithley 2410  $I-V$  测量仪对 OTFTs 器件的电学性质进行表征, 其器件的开关电流比 ( $I_{on}/I_{off}$ ) 分别为  $10^5$  和  $10^4$ , 阈值电压  $V_{TH}$  分别为  $-20$  V 和  $-15$  V, 器件的场效应载流子迁移率  $\mu_{EF}$  分别为  $0.0694$  cm<sup>2</sup>/V·s 和  $1.201$  cm<sup>2</sup>/V·s.

关键词: 有机薄膜晶体管, 并五苯薄膜, 酞菁铜薄膜, 场效应迁移率( $\mu_{EF}$ )

PACC: 7340L, 7340T, 7360F, 7360L

## 1. 引 言

有机薄膜晶体管(OTFTs)由于它能够在塑料基板上制备, 且能够表现出比较好的性质, 所以近十年来有机薄膜晶体管在柔性的显示<sup>[1-4]</sup>、小型的电子标签以及射频气敏传感器等领域的应用方面, 引起了广泛的关注<sup>[5-8]</sup>. 随着对有机薄膜晶体管特性的研究, 其器件的场效应迁移率有较大幅度的改善, 而其特有的低温制备、大面积、廉价的优点, 其将是很好的现有非晶硅( $a$ -Si TFT)及多晶硅( $P$ -Si TFT)薄膜晶体管的替代产品<sup>[9-11]</sup>. 近年来国际上有许多课题组就不同的有源层材料(如酞菁铜、并五苯、聚噻吩等材料), 不同的介电常数的绝缘层材料<sup>[12]</sup>(如 SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 聚乙烯苯酚(PVP)等材料), 不同的电极材料(如 ITO, Au, Al, poly-Si 等材料)以及不同的器件结构进行了广泛又有深度的研

究. 其中以并五苯作为有源层的材料研究最多, 对于单晶的并五苯材料方面, Palstra 实验小组, 得到在室温的状况下并五苯的载流子迁移率  $\mu$  为  $35$  cm<sup>2</sup>/V·s, 当温度为 225 K 时, 并五苯的载流子迁移率增加到  $58$  cm<sup>2</sup>/V·s<sup>[13-15]</sup>. 从并五苯材料的性质来看, 我们将其制作成有机薄膜晶体管器件, 通过优化器件的制作工艺, 其器件的场效应迁移率将会有很大提升空间. 在制作器件的结构方面, 现在实验室制作中多采用顶栅极和底栅极器件结构, 其每种又分为顶接触和底接触的两种接触方式. 本文的工作主要集中在: 第一, 采用不同有源层材料来对比器件的性能, 以及采用不同介电常数的绝缘层材料对有源层的结晶化、表面形貌、生长状况的影响, 从而来判断其对有机薄膜晶体管性能的影响; 第二, 在相同有源层的情况下, 采用不同的器件结构来验证哪种结构更加有利于在实验室里制备; 第三, 对器件的导电机理进行分析.

<sup>\*</sup> 国家高技术研究发展计划(863)批准号: 2006AA03Z0412; 国家自然科学基金(批准号: 10774013, 60576016); 北京交通大学优秀博士科技自主创新基金(批准号: 48024); 博士点新教师基金(批准号: 20070004031); 北京市科技新星计划(批准号: 2007A024); 教育部留学回国科研启动基金、校基金(批准号: 2005SM057)资助的课题.

<sup>†</sup> 通讯联系人. E-mail: zhengxu@bjtu.edu.cn or ygc219@126.com

## 2. 实 验

我们通过四步掩模的办法制作顶栅极的 OTFTs 器件. 首先, 进行基片处理, 将刻蚀好的带有 ITO( 铟锡氧化物导电薄膜 )源漏电极的玻璃基板放在酒精中超声清洗 15—25 min, 再经丙酮处理后用洗涤液清洗干净, 最后再以去离子水超声清洗 5—10 min, 并用氮气吹干. 由于我们是制作顶栅极结构的 OTFTs 器件, 制作过程主要分为三步: 1) 采用热蒸发镀膜机来制备 OTFTs 器件的有源层, 将掩模好的基片放入热蒸发中, 对其抽高真空, 制备的过程中真空度在  $2 \times 10^{-3}$  Pa, 生长速度  $u$  为 0.3—0.6 Å/s, 衬底的旋转速度  $n$  为 13r/min, 衬底不加热; 2) 采用 EVA 450 电子束蒸发镀膜机制备 OTFTs 器件的栅极绝缘层, 将其制备好有源层的基片再进行一步掩模, 放入真空室内, 制备过程中的真空度为  $2 \times 10^{-4}$  Pa, 衬底温度为 80°C, 衬底转速  $n$  为 15r/min; 3) 将制备好的带有有源层及栅极绝缘层的基片进行最后一步掩模, 并将其放入热蒸发内制备栅电极, 制备过程与

1) 相同.

在测试方面我们采 Keithley 2410 I-V 测量仪对 OTFTs 器件的电学性质进行表征; 通过 Rigaku D/max-2400 型 X 射线衍射 (XRD) 仪和 UV-3101 pc 型吸收光谱仪对所制备的有源层薄膜结晶情况和在可见光范围内的吸收进行表征; 通过扫描电镜 (SEM) 对相同衬底上不同有源层的生长状况进行表征<sup>[16—19]</sup>, 所有的测量结果都是在室温、暗室中进行的.

## 3. 结果与讨论

我们通过四步掩模的方法制作了不同有源层的顶栅极 OTFTs 器件, 其制作过程及其器件的立体结构如图 1 所示.

我们按照如图 1 所示的流程图分别制作了以酞菁铜和并五苯为有源层的有机薄膜晶体管器件, 其厚度相同为 40 nm; 栅极绝缘层材料为 SiO<sub>2</sub>, 厚度为 250 nm; 栅电极为铝, 厚度为 110 nm. 器件的具体实验参数如表 1 所示.

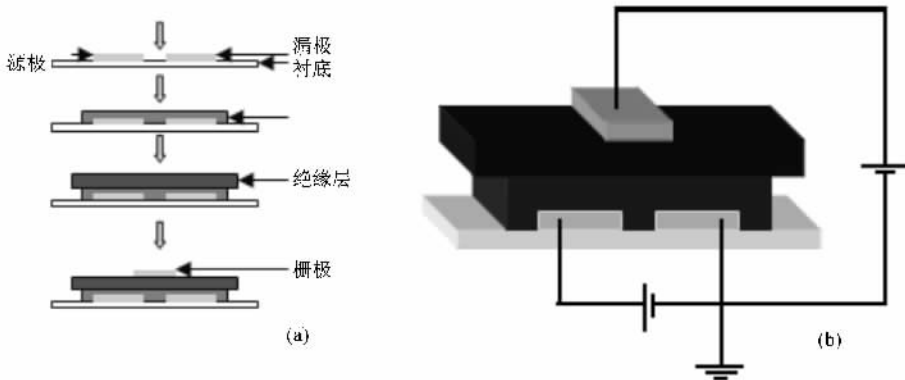


图 1 (a) 顶栅极有机薄膜晶体管器件的制作流程图 (b) 器件的立体截面图和器件工作线路图

表 1 有机薄膜晶体管制作的具体实验参数表, 器件的宽长比 ( $W/L$ ) 为 20

膜层总类 (P)	生长速度/(nm/s)	生长厚度/nm	衬底温度/°C	衬底转速/(r/min)	材料纯度/wt%
源漏电极 (ITO)	0.03—0.04	100	150	0.4	99.99
有源层	0.03—0.06	40	室温	13	98
绝缘层 (SiO <sub>2</sub> )	0.01—0.02	250	120	15	99.99
栅极 (Al)	1—3	110	室温	13	99.99

注: 表中的有源层包括酞菁铜 (CuPc) 和并五苯 (pentacene) 两种不同的材料, 且它们的制备参数保持一致.

通过上述实验过程我们制备两种不同有源层的有机薄膜晶体管器件, 并对在带有 SiO<sub>2</sub> (厚度为 250 nm) 薄膜的衬底上沉积制备的并五苯和酞菁铜薄膜

进行表征.

图 2 为在 SiO<sub>2</sub> 衬底上制备的并五苯和酞菁铜有源层薄膜的 SEM 图谱. 从并五苯薄膜的 10 万倍

的放大图谱中可以看出(图 2(a)),并五苯薄膜的生长是呈片层岛状结构生长,且每个岛状呈近似于六边形结构,其岛状直径在 100—110 nm 范围内,显现

出较好的规律性.而从酞菁铜的 10 万倍的放大图谱中可以看出(图 2(b)),在相同的绝缘层  $\text{SiO}_2$  上生长酞菁铜则没有明显的成长机理和结构.

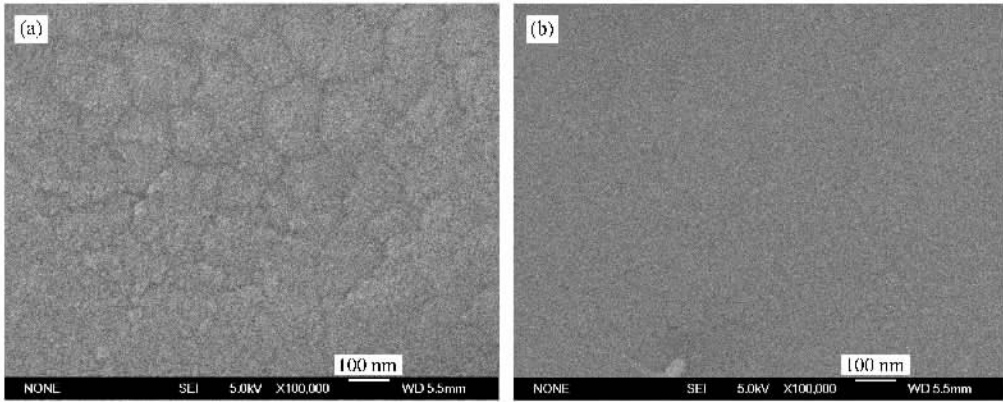


图 2 在  $\text{SiO}_2$  衬底上制备的 CuPc 和并五苯有源层薄膜表面形貌的 SEM 图谱((a)(b)分别为并五苯薄膜和酞菁铜薄膜 10 万倍的 SEM 图谱)

图 3 为在  $\text{SiO}_2$  衬底上制备的并五苯和酞菁铜有源层薄膜的 XRD 图谱.从图 3 中可以得到在  $\text{SiO}_2$  上生长的并五苯薄膜有较好的结晶取向,呈多晶结构存在<sup>[20—22]</sup>.在  $7.40^\circ$ (001), $10.60^\circ$ (002)方向有强的取向, $18.68^\circ$ (003)和  $24.48^\circ$ (004)有取向,但较弱.对比标准的并五苯 XRD 图谱可知(001)为  $6.20^\circ$ ,其所对应的晶格常数为 1.45 nm,而从图 3 可以看出,我们所制备的并五苯薄膜的(001)为  $7.40^\circ$ 向右移动了  $1.2^\circ$ ,此时经计算的晶格常数为 1.18 nm,晶胞被

挤压缩小.从而可以得出我们所制备的并五苯薄膜由于生长速度和生长环境温度所引起的薄膜内应力过大,分子在生长过程中受到挤压,晶胞发生变形,使晶格常数减小,从而引起其衍射峰位的向右移动.而从图 3 酞菁铜的 XRD 图谱中,只能观察到衬底玻璃的一个峰,此时生长的薄膜没有明显的结晶取向.所以我们从图 2、图 3 酞菁铜的 SEM 和 XRD 图谱中可以得出,在  $\text{SiO}_2$  薄膜上沉积生长的酞菁铜薄膜呈非晶态存在.

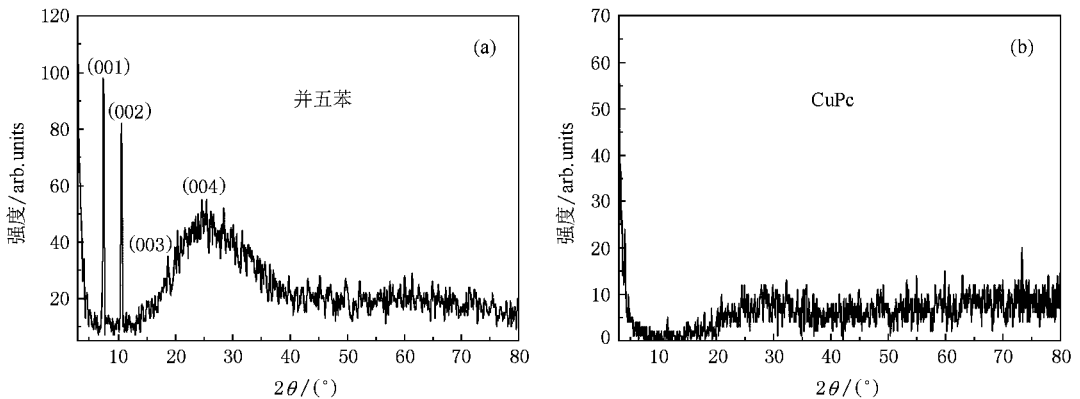


图 3 在  $\text{SiO}_2$  衬底上制备的并五苯(a)和酞菁铜(b)有源层薄膜的 XRD 图谱

图 4 为在石英衬底上生长的并五苯和酞菁铜薄膜在可见光范围内的吸收光谱图,从图中可以看出,并五苯的吸收面积明显比酞菁铜的吸收面积大,在 400—800 nm 的范围内约为其 2.1 倍.下面我们来对比一下由并五苯和酞菁铜最为有源层制作的有机薄

膜晶体管的性质,并对其性质进行理论分析<sup>[23—27]</sup>.

我们按照图 1 和表 1 所给出的结构流程图和具体的实验参数分别制备了两个顶栅极的有机薄膜晶体管器件 A、B,其结构为:

A,玻璃衬底/源漏电极(ITO,100 nm)/有源层

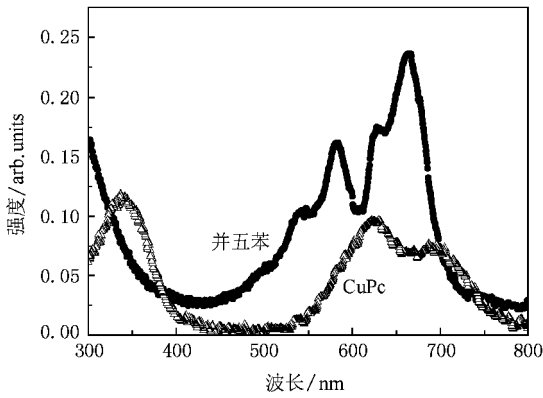


图 4 石英衬底上生长的并五苯和酞菁铜薄膜在可见光范围内的吸收光谱图

(CuPc, 40 nm)/绝缘层(SiO<sub>2</sub>, 250 nm)/栅极(Al, 110 nm);

B, 玻璃衬底/源漏电极(ITO, 100 nm)/有源层(并五苯, 40 nm)/绝缘层(SiO<sub>2</sub>, 250 nm)/栅极(Al, 110 nm).

图 5 为器件 A 的输出特性曲线, 从图中可以看出器件 A 的输出特性曲线分为三个部分: 线性区、饱和区和击穿区. 器件 A 体现出较好的晶体管特性.

从器件 A 的输出特性曲线我们可以得出, 当器件的栅极-源极电压  $V_{gs}$  为  $-3$  V 时, 器件饱和输出电流  $I_{DS}$  为  $1.0 \times 10^{-6}$  A, 开关电流比 (on/off) 为  $10^5$ .

由于器件在饱和区的  $V_{DS} > (V_{gs} - V_{th})$ , 所以我们利用其饱和区的输出电流公式来计算器件的场效应迁移率, 其计算公式为

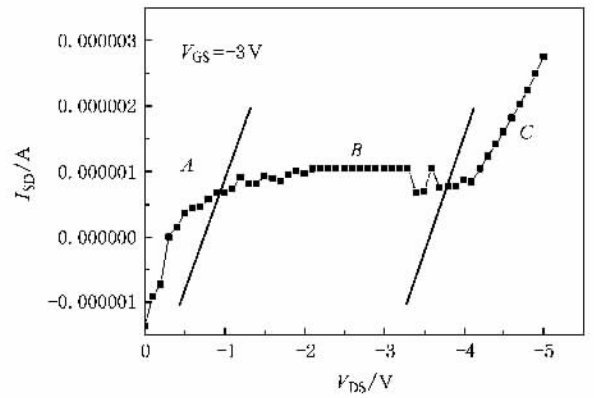


图 5 酞菁铜为有源层的薄膜晶体管在  $V_{gs}$  为  $-3$  V 的输出特性, 器件的沟道宽长比 ( $W/L$ ) 为 20, 阈值电压  $V_{th}$  为  $-15$  V, 器件的开关电流比 (on/off) 为  $10^5$

$$I_{DS} = \frac{WC_i}{2L} \mu_{EF} (V_{gs} - V_{th})^2, \quad (1)$$

(1) 式中  $I_{DS}$  为器件的饱和输出电流,  $W, L$  分别为器件导电沟道的宽度和长度,  $C_i$  (SiO<sub>2</sub> 为  $10$  nF/cm<sup>2</sup>) 为绝缘栅层单位面积的电容,  $\mu_{EF}$  为器件的场效应迁移率,  $V_{th}$  为器件的阈值电压. 由 (1) 式可计算得出, 以酞菁铜为有源层的底栅极有机薄膜晶体管器件的场效应迁移率  $\mu_{EF}$  为  $0.0694$  cm<sup>2</sup>/V·s. 下面就以并五苯为有源层的器件 B 的特性进行研究<sup>[28-30]</sup>.

图 6 为器件 B 的输出特性曲线, 从图中可以看出, 器件的输出电流  $I_{DS}$  随着栅极偏压  $V_{gs}$  增加而迅速上升. 这主要是因为, 由于栅压的存在, 有源层内的空穴载流子在电场的作用下向一个方向移动, 使

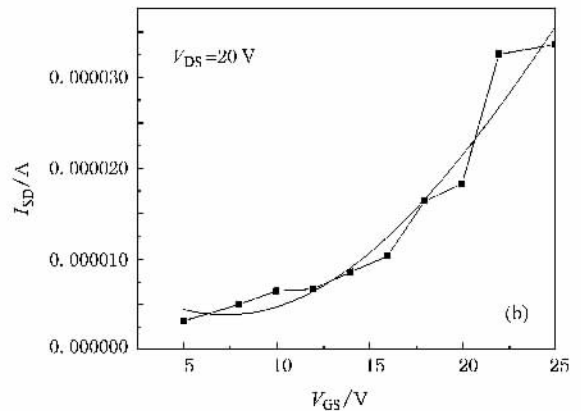
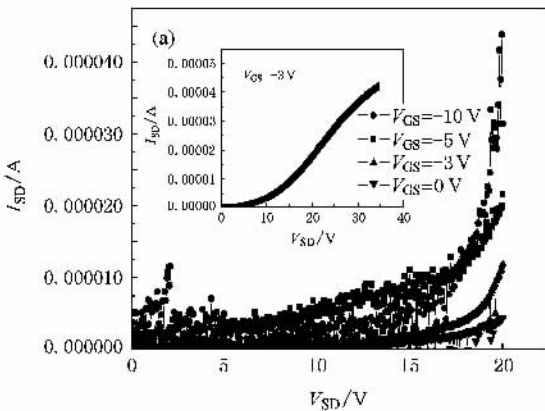


图 6 底栅极的并五苯为有源层薄膜晶体管在  $V_{gs}$  为  $0, -3, -5, -10$  V 的输出特性 (a) 和  $V_{DS}$  为  $-20$  V 时的转移特性 (b) 曲线, 器件的沟道宽长比 ( $W/L$ ) 为 20, 图中的插图为  $V_{DS}$  为  $-40$  V,  $V_{gs}$  为  $-3$  V 时输出特性曲线, 饱和的平均电流值为  $-3.47 \times 10^{-5}$  A, 阈值电压  $V_{th}$  为  $-20$  V, 开关电流比 (on/off) 为  $10^4$

得在半导体层中的载流子在一侧积聚,形成一个导电通道,在  $V_{DS}$  的作用下形成一个定向电流,随着栅压的增加,导电通道内的载流子浓度逐渐增加,从而使器件的输出电流  $I_{DS}$  增加。图 6 中的插图为器件 B 在  $V_{DS}$  为  $-40\text{ V}$ ,  $V_{gs}$  为  $-3\text{ V}$  时输出特性曲线,从插图中可以得到器件 B 的平均饱和电流值  $I_{DS}$  为  $-3.47 \times 10^{-5}\text{ A}$ 。我们从图 6(b) 器件的转移特性曲线可以得出器件 B 的阈值电压  $V_{th}$  为  $-20\text{ V}$ , 由于器件 B 的  $V_{DS} > (V_{gs} - V_{th})$ , 所以我们应用(1)式<sup>[31-33]</sup>计算得出并五苯基的 OTFTs 器件的场效应迁移率  $\mu_{EF}$  为  $1.201\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , 开关电流比为  $10^4$ 。

从两种材料的所制备的 OTFTs 器件的性能对比上看,采用并五苯材料作为有源层时,OTFTs 器件的场效应行为明显要比采用酞菁铜作为有源层时要好,这除了材料本身的特性外主要是原因为,从材料的成膜性角度来看,酞菁铜分子的结构为平面型,在成膜过程是以二维的平面结构进行生长的,而并五苯薄膜则是以三维台阶岛状结构生长,这样就使并五苯薄膜的结晶性能在成膜过程中要远远好于酞菁铜薄膜,我们从上文的 XRD 图谱中可以明显地看出,这样就更加有利于载流子在有源层内的传输。

从器件的输出特性来看,当源漏电压  $V_{DS}$  为  $0\text{ V}$  时对酞菁铜器件有明显的反向漏电流,而并五苯器件没有,这主要是因为,在酞菁铜薄膜蒸镀过程中在绝缘栅层与有源层之间的界面处引入了一定的缺陷态,使得在界面处积累了一定的负电荷,从而使器件的工作的初期在源漏电压  $V_{DS}$  为  $0\text{ V}$  时,器件出现了

一定的反向漏电流,使器件体现出耗尽型的特性,而在并五苯器件中由于材料本身的载流子浓度以及导电特性要远高于酞菁铜材料,这样就可以有效地克服了一部分由于缺陷态引起的负电荷积累的影响,使器件的初始耗尽特性表现的不是很明显,并使器件表现为增强型。同时,我们所有的测量结果都是在室温暗室里进行的,所以也就排除了由光照而引起器件性能的差异。

## 4. 结 论

本文主要针对在  $\text{SiO}_2$  衬底上生长的酞菁铜和并五苯薄膜结晶性、生长状态、表面结构以及利用它们所制作的薄膜晶体管特性的研究。从实验的结果可以看出,在  $\text{SiO}_2$  衬底上生长的并五苯薄膜以近六边形岛状生长,且有较好的结晶取向,呈多晶状态存在。在相同的衬底上生长的酞菁铜薄膜则没有发现有规则的生长状态,从其 XRD 图谱中可以看出薄膜呈非晶态存在。而以酞菁铜和并五苯作为有源层,以相同的底栅极结构、相同的衬底、相同的沟道宽长比 ( $W/L$ ) 为 20 制作的有机薄膜晶体管器件 A, B, 它们的场效应迁移率  $\mu_{EF}$  分别为  $0.0694\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  和  $1.201\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , 开关电流比 (on/off) 分别为  $10^5$  和  $10^4$ , 阈值电压分别为  $-15\text{ V}$  和  $-20\text{ V}$ 。从器件的性能参数对比来看,并五苯所制得的器件 B 的导电能力要优于酞菁铜所制作器件 A, 但器件 B 的阈值电压  $V_{th}$  偏大需要进一步改善。

- [1] Sang C L, Seong H K, Hye Y C, Jung H L, Jeong-Ik L, Ji Y O, Dojin K, Taehyoung Z 2005 *Synthetic Metals* **151** 197
- [2] Kazuhito T, Jun T, Iwao Y, Kunji S, Keiichi Y, Yoshinobu A 2006 *J. Appl. Lett.* **99** 064506
- [3] Aline H, Holger H, Wieland W, Marcus A, Roland S, Heinz von Seggern 2003 *Phys. Rev. Lett.* **91** 157406
- [4] Chu C W, Chen C W, Li S H, Wu E H E, Yanga Y 2005 *Appl. Phys. Lett.* **86** 253503
- [5] Jin J, Seung H H 2006 *Current Applied Physics* **6** 17
- [6] Seung H H, Jun H K, Jin J, Sang M C, Myung H O, Sun H L, Dong J C 2006 *Appl. Phys. Lett.* **88** 073519
- [7] Li D W, Guoa L J 2006 *Appl. Phys. Lett.* **88** 063513
- [8] Bana D, Han S, Lu Z H, Oogarah T, SpringThorpe A J, Liu H C 2007 *Appl. Phys. Lett.* **90** 093108
- [9] Zhao S Y, Wu C Y, Liu Z J, Li X D, Wang Z, Meng Z G, Xiong S Z, Zhang F 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 6095 (in Chinese) [赵淑

云、吴春亚、刘召军、李学冬、王 中、孟志国、熊绍珍、张 芳 2006 物理学报 **55** 6095]

- [10] Li J, Wu C Y, Zhao S Y, Liu J P, Meng Z G, Xiong S Z 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 6612 (in Chinese) [李 娟、吴春亚、赵淑云、刘建平、孟志国、熊绍珍 2006 物理学报 **55** 6612]
- [11] Meng Z G, Wu C Y, Li J, Xiong S Z, Hoi S. Kwok, Wong M 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 3363 (in Chinese) [孟志国、吴春亚、李 娟、熊绍珍、郭海成、王 文 2005 物理学报 **54** 3363]
- [12] Hulea I N, Fratini S, Xie H, Mulder C L, Iossad N N, Rastelli G, Ciuchi S, Morpurgo A F 2006 *Nature Materials* **5** 982
- [13] Jurchescu O D, Baas J, Palstra T T M 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 3061
- [14] Stingelin S N, Smits E, Wondergem H, Tanase C, Blom P, Smith P, De L D 2005 *Nature Materials* **4** 601
- [15] Yu W, Tullio T, Norbert K, Erica I, Alessia P, Petra R, Salvatore I 2007 *Phys. Rev. Lett.* **98** 076601

- [ 16 ] Puigdollers J , Orpella C , Martain I , Vetter M , Alcubilla R 2003 *Thin Solid Film* **427** 367
- [ 17 ] By Norbert K , Antje V , Steffen D , Youichi S , Toshiyasu S 2007 *Adv. Mater.* **19** 112
- [ 18 ] Knipp D , Street R A , Volkel A R 2003 *Appl. Phys. Lett.* **82** 3907
- [ 19 ] Mathieu L , Andreas S , Wolfgang F 2007 *Appl. Phys. Lett.* **90** 102103
- [ 20 ] Gundlach D J , Zhou L , Nichols J A , Jackson T N , Necliudov P V , Shur M S 2006 *J. Appl. Lett.* **100** 024509
- [ 21 ] Chu C W , Li S H , Chen C W , Shrotriya V , Yanga Y 2005 *Appl. Phys. Lett.* **87** 193508
- [ 22 ] Woo J K , Won H K , Sung J J , Chang S K , Hong K B , Jiyoul L , Seongil I 2005 *J. Vac. Sci. Technol. B* **23** 2357
- [ 23 ] Roy V A L , Zhi Y G , Xu Z X , Yu S C , Chan P W H , Che C M 2005 *Adv. Mater.* **17** 1258
- [ 24 ] Dae H S , Min H C , June Y K , Jin J , Kirchmeyer 2007 *Appl. Phys. Lett.* **90** 053504
- [ 25 ] Silva Filho D A da , Kim E G , Bredas L L 2005 *Adv. Mater.* **17** 1072
- [ 26 ] Wang J , Yan X J , Xu Y X , Zhang J , Yana D H 2004 *Appl. Phys. Lett.* **85** 5424
- [ 27 ] Sundar V C , Zaumseil J , Podzorov V , Menard E , Willett R L , Someya T , Gershenson M E , Rogers J A 2004 *Science* **303** 1644
- [ 28 ] Wang L , Fine D , Dodabalapur A 2004 *Appl. Phys. Lett.* **85** 6386
- [ 29 ] Wang J , Wang H B , Yan X J , Huang H C , Yan D H 2005 *Appl. Phys. Lett.* **87** 093507
- [ 30 ] Berliocchi M , Manenti M , Bolognesi A , Di Carlo A , Lugli P , Paolesse R , Mandoy F , Di Natale C , Proietti E , Petrocco G , D'Amico A 2004 *Semicond. Sci. Technol.* **19** 354
- [ 31 ] Schroeder R , Majewski L A , Grell M 2003 *Appl. Phys. Lett.* **83** 3201
- [ 32 ] Zhang J , Wang J , Wang H B , Yan D H 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 142
- [ 33 ] Marcus H , Hagen K , Ute Z , Gunter S , Wolfgang R S P , Stephan K W W 2003 *J. Appl. Lett.* **93** 2977

# Study of the characteristics of organic thin film transistors based on different active layers of pentacene and CuPc thin films<sup>\*</sup>

Yuan Guang-Cai Xu Zheng<sup>†</sup> Zhao Su-Ling Zhang Fu-Jun Jiang Wei-Wei Huang Jin-Zhao

Song Dan-Dan Zhu Hai-Na Huang Jin-Ying Xu Xu-Rong

( *Institute of Optoelectronics Technology , Beijing Jiaotong University , Beijing 100044 , China* )

( *Key Laboratory of Luminescence and Optical Information ( Beijing Jiaotong University ) , Ministry of Education , Beijing 100044 , China* )

( Received 27 July 2007 ; revised manuscript received 31 March 2008 )

## Abstract

The surface morphology and crystallization of pentacene and CuPc films deposited on SiO<sub>2</sub> substrate are characterized by X-ray diffraction ( XRD ) and scanning electron microscopy ( SEM ). It was observed that the pentacene film has island structure , the sizes of islands were about 100 nm. The pentacene has clearer orientation than CuPc. We also studied organic thin film transistors ( OTFTs ) with different active layers of pentacene and CuPc , fabricated by shadow mask to investigate the characteristics of the device. The active layers pentacene and CuPc have the thickness of 40 nm , the thickness of gate insulator layer SiO<sub>2</sub> is 250 nm and the ratio of width to length (  $W/L$  ) of device channel is 20. We analyzed the property of devices by Keithley 2410  $I-V$ . The results presented here show that OTFTs devices in which pentacene and CuPc are used as active layer exhibited the field-effect mobility (  $\mu_{EF}$  ) of 1.201 cm<sup>2</sup>/V·s and 0.0694 cm<sup>2</sup>/V·s , threshold voltage (  $V_{th}$  ) of - 20 V and - 15 V , and ( on/off ) current ratio of 10<sup>4</sup> and 10<sup>5</sup> , respectively.

**Keywords** : organic thin-film transistor , pentacene film , copper phthalocyanine film , field-effect mobility

**PACC** : 7340L , 7340T , 7360F , 7360L

<sup>\*</sup> Project supported by the National High Technology Research and Development Program ( 863 plan ) of China ( Grant No. 2006AA03Z0412 ) , the National Natural Science Foundation of China ( Grant Nos. 60576016 and 10774013 ) , the Excellent Doctor 's Science and Technology Innovation Foundation of Beijing Jiaotong University ( Grant No. 48024 ) , the Research Fund for the Youth Scholars of the Doctoral Program of Higher Education ( Grant No. 20070004031 ) , the Beijing NOVA Program ( Grant No. 2007A024 ) , the Scientific Research Foundation for the Returned Overseas Chinese Scholars , State Education Ministry , and the Foundation of Beijing Jiaotong University ( Grant No. 2005SM057 ).

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail : zhengxu@bjtu.edu.cn or ygc219@126.com