

基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器

杨丹 张丽 杨盛谊 邹炳锁

Low-voltage pentacene photodetector based on a vertical transistor configuration

Yang Dan Zhang Li Yang Sheng-Yi Zou Bing-Suo

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 64, 108503 (2015) DOI: 10.7498/aps.64.108503

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.108503>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2015/V64/I10>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

高速高饱和单行载流子光探测器的设计与分析

[Design and analysis of high speed and high saturation uni-traveling-carrier photodetector](#)

物理学报.2014, 63(20): 208502 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.63.208502>

基于内聚区模型的InSb面阵探测器分层研究

[Delamination study of InSb infrared focal plane arrays using a cohesive zone model](#)

物理学报.2014, 63(11): 118503 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.63.118503>

基于表面等离子体共振增强的硅基锗金属-半导体-金属光电探测器的设计研究

[Design of silicon based germanium metal-semiconductor-metal photodetector enhanced by surface plasmon resonance](#)

物理学报.2013, 62(17): 178502 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.62.178502>

超导纳米线多光子响应特性研究

[Response properties of NbN superconductor nanowire for multi-photon](#)

物理学报.2012, 61(20): 208501 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.61.208501>

单载流子光电探测器的高速及高饱和功率的研究

[High-speed and high-power uni-traveling-carrier photodetector](#)

物理学报.2012, 61(13): 138501 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.61.138501>

基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器*

杨丹¹⁾ 张丽²⁾ 杨盛谊^{1)†} 邹炳锁¹⁾

1) (北京理工大学物理学院, 纳米光子学与超精密光电系统北京市重点实验室, 北京 100081)

2) (北京理工大学材料科学与工程学院, 纳米光子学与超精密光电系统北京市重点实验室, 北京 100081)

(2014年8月1日收到; 2014年11月24日收到修改稿)

并五苯(Pentacene)具有优良的场效应晶体管特性及在可见光区的高吸收系数, 被广泛应用于光敏(电)晶体管中. 垂直晶体管的沟道长度可做到纳米量级, 能有效提高器件的性能和工作频率, 同时降低能耗. 本文制备了一种基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器ITO(S)/Pentacene/Al(G)/Pentacene/Au(D). 实验发现, 在工作电压低至 -3 V 时, 并五苯光电探测器ITO/Pentacene(80 nm)/Al(15 nm)/Pentacene(80 nm)/Au的阈值电压为 -0.9 V , “开/关”电流比为 10^4 , 表现出了良好的P型晶体管特性以及低电压调控性能. 在350—750 nm的不同波长单色光照射下, 器件的“明/暗”电流比和响应度随入射波长而变化; 在350 nm单色光照射下, 该光电探测器的“明/暗”电流比的最大值达到308, 其对应的响应度为 $219\text{ mA}\cdot\text{W}^{-1}$, 大于标准硅基探测器在350 nm单色光照射下的探测率. 这为制备低电压下工作的高灵敏度全有机光电探测器提供了一种可行的方法.

关键词: 垂直结构晶体管, 有机光电探测器, 响应度, 并五苯

PACS: 85.60.Gz, 72.40.+w, 85.30.Tv, 72.80.Le

DOI: 10.7498/aps.64.108503

1 引言

作为重要的电子元器件, 晶体管已广泛应用于光电集成电路、数据存储电路、放大电路、整流电路和逻辑电路中, 但传统的无机晶体管(非晶硅晶体管、多晶硅晶体管等)仍存在着制备成本高、难以实现大面积制备等问题. 有机半导体材料由于其轻质、廉价、可大面积制备、与柔性基底相兼容等优势以及良好的光响应特性, 使得有机晶体管在理论研究^[1,2]和光电子应用中^[3-6]都得到了越来越广泛的关注. 特别是在光电探测方面, 人们充分利用有机半导体材料优良的光电导特性, 将其与晶体管的场效应相结合, 制备了晶体管结构的有机光电探测器^[7-10], 通过栅压的调制作用, 提高光生电子-空穴对的解离率, 降低载流子的复合率, 从而获得更

高的增益和信噪比, 克服了常规有机光电探测器(如光电二极管和双极光电晶体管等)的激子快速湮没、光增益较小等缺点, 能实现优良的光电探测性能.

为了进一步拓展有机晶体管在光电子集成电路中的应用, 人们采用许多有效的方法来提高器件性能, 如改变器件结构^[11,12]、控制有机分子排列取向^[13]、修饰功能层界面^[14]、合成新的有机材料等^[15]. 其中, 将器件由传统的水平结构改变为垂直结构, 就能大大缩短导电沟道长度, 从而提高器件性能, 降低器件能耗. 对于传统水平结构的有机晶体管, 导电沟道的长度取决于同一平面上源、漏电极间的距离(一般为微米量级), 通常工作电压较大, 使得能耗较高, 限制了其在低压电路中的应用. 而对于垂直结构的有机晶体管, 夹在源-漏电极之间的有机半导体层的厚度即为导电沟道的长度(一

* 国家自然科学基金(批准号: 60777025)、北京市科技新星计划交叉学科合作(批准号: XXHZ201204)、传感器技术国家重点实验室开放基金项目(批准号: SKT1404)、北京理工大学杰出青年教师支持计划(批准号: BIT-JC-201005)和“111”引智计划(批准号: BIT111-201101)资助的课题.

† 通信作者. E-mail: syyang@bit.edu.cn

一般为纳米量级), 此时只需要很小的电压就能使沟道导通, 大大降低了能耗, 同时也促进了其在便携式低电压驱动设备中的实际应用. 加之制备方法简单, 省去了利用光刻等手段制备尺寸精细的源、漏电极的烦琐工作, 使得制备垂直结构的晶体管成为实现低功耗、低电压控制高频率、大电流输出的有效手段.

众所周知, 高灵敏度的光电探测器件是图像传感器的重要组成部分, 其性能优劣决定了图像传感器成像质量的好坏. 由于通信和信息技术的高速发展, 使得便携式低电压调控的电子和光电子器件因其工作电压小、能耗低以及适用性广等优势而备受青睐. 因此, 为了充分发挥垂直晶体管的结构优势, 本文设计了一种可集成在低压电路中的高灵敏度的有机光电探测器, 希望能在便携式有机图像传感器中得到应用. 我们采用非传统的垂直晶体管结构, 并选择在可见光谱区具有高吸收率且场效应晶体管特性优良的并五苯(Pentacene)^[16,17]作为有机活性层材料, 利用真空蒸镀的方法制备了基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器. 在可见光范围内对其探测性能进行了深入研究, 以获得低电压调控下的高性能光电探测器, 这对于制备低电压下工作的便携式全有机图像传感器具有十分重要的意义.

2 实验部分

实验中制备的基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器ITO(S)/Pentacene/Al(G)/Pentacene/Au(D)的器件结构如图1所示. 将已刻蚀好的镀有氧化铟锡(ITO)的玻璃片作为基底(在可见光范围内, 其透射率大于85%), 依次在去离子水、异丙醇、丙酮和乙醇中超声清洗10 min, 氮气吹干后臭氧处理5 min; 器件的其他各个功能层均采用简单易行的真空蒸镀方法制备. 我们在原来已有的垂直结构晶体管^[1,3]及晶体管结构光电探测器^[9,10]研究经验的基础上, 通过器件结构优化, 制备了并五苯光电探测器ITO/Pentacene(80 nm)/Al(15 nm)/Pentacene(80 nm)/Au. 首先, 保持真空度在 2×10^{-4} Pa以下, 在ITO基底上以 $0.01\text{--}0.06 \text{ nm}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速率蒸镀并五苯薄膜(80 nm), 并保持真空度和薄膜生长温度使基片静置30 min; 其次, 以较大速率蒸镀半透明铝膜(15 nm)作为栅极; 之后, 与第一层并五苯薄膜的制

备条件相同, 蒸镀第二层并五苯薄膜(80 nm); 最后, 制备金电极(50 nm)作为漏极. 实验中, 器件的输出和转移特性曲线均由半导体器件表征系统(Keithley 4200-SCS)测得; 全可见光谱波段的单色光是通过调节模拟太阳光测试系统(7-SCSpec)获得的; 所有测试均在室温、暗室条件下完成.

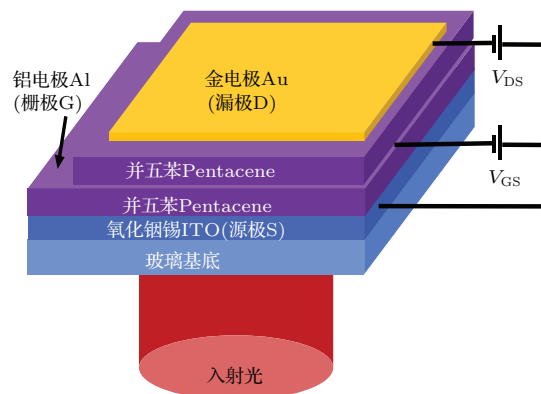


图1 (网刊彩色) 并五苯光电探测器的结构示意图及其测试电路

Fig. 1. (color online) Structure diagram and test circuit of the pentacene photodetector.

3 结果与讨论

在无光照时, 基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器ITO/Pentacene(80 nm)/Al(15 nm)/Pentacene(80 nm)/Au的输出和转移特性曲线如图2所示. 从图2(a)中可以看出, 源-漏电流(I_{DS})随着源-漏电压(V_{DS})和栅极电压(V_{GS})的负向增大而增大, 且出现了明显的线性区和饱和区, 这与此前使用类似方法制备的静电感应晶体管(static induction transistor, SIT)的非饱和电流曲线不同^[18]. 为了利用工作于饱和区的晶体管更好地实现光探测, 实验中采用 $1\text{--}2 \text{ nm}\cdot\text{s}^{-1}$ 的蒸发速率快速制备中间半透明铝电极(甚至可能有部分氧化铝形成), 如此, 在并五苯/铝电极界面形成一层载流子阻挡层, 利用这层阻挡层的整流特性来实现栅压的调制作用, 如图2(c)所示. 在未加栅压时, 由于快速蒸镀铝电极使其表面较粗糙且可能部分形成氧化铝, 其功函数与并五苯能级的不匹配, 使得铝电极与并五苯之间为肖特基接触, 此时空穴很难注入; 随着栅压的负向增大, 并五苯与铝电极间的接触势垒变小, 空穴注入增加, 源-漏电流增大; 在接近夹断电压时沟道串联电阻显著增大, 从而提高了器件的负反馈效应, 此时源-漏电流不再明显增大, 而是表现出类似金属-氧化物-半导

体场效应晶体管 (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, MOSFET) 的电流饱和现象^[19]. 同时, 由器件的转移特性曲线 [见图 2 (b)] 可知, 在 $V_{DS} = -3$ V 时, 器件的“开/关”电流比 (I_{on}/I_{off})

为 10^4 , 并由 $|I_{DS}|^{1/2}-V_{GS}$ 曲线的斜率可得器件阈值电压 (V_{th}) 为 -0.9 V, 这表明该光电探测器具有良好的 P 型晶体管特性以及由垂直结构引起的低电压控制大电流的输出特性.

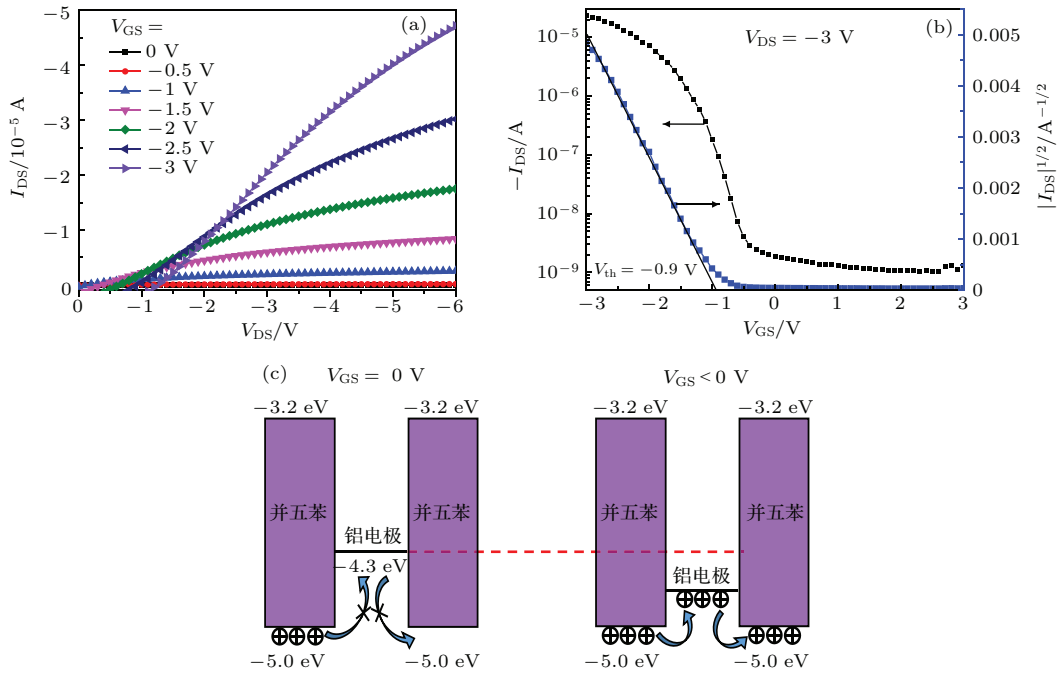


图 2 (网刊彩色) 无光照下并五苯光电探测器的 (a) 输出特性曲线; (b) 转移特性曲线; (c) 能级及载流子传输示意图
 Fig. 2. (color online) (a) Output characteristics; (b) transfer characteristics; (c) energy level and carriers transmission diagram of the pentacene photodetector in dark.

在尽可能提高和保持基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器具有优异晶体管特性的前提下, 我们进一步在可见光全谱范围内 (350—750 nm) 选择不同波长的单色光从 ITO 玻璃面直接照射器件, 对其光电探测性能进行深入研究. 器件在不同单色波长光照射下的转移特性曲线如图 3 (a) 所示, 可以看出, 在 $V_{DS} = -3$ V 和 $V_{GS} = -3—3$ V 的低工作电压下, 随着入射波长 λ 从 750 nm 减小到 350 nm, 器件的转移特性曲线发生了明显的正向移动. 这是由于光电导效应^[20]: 具有一定能量的光照射在并五苯薄膜上产生电子-空穴对, 在栅压作用下, 光生的电子-空穴对快速分离, 使得参与导电的载流子数目增加, 从而 I_{DS} 增大, 此时仅需要较小的电压就可以使器件沟道导通, V_{th} 也发生正向移动. 这由以下公式可以看出^[21]:

$$V_{th} = -qn_0d/C_i + V_{FB}, \quad (1)$$

其中 V_{FB} 为平带电压, q 为元电荷, n_0 为载流子密度. 假设平带电压 V_{FB} 恒定不变, 随着入射光波长从 750 nm 减小到 350 nm, 能量逐渐变大, (1)

式中载流子密度增加使得阈值电压 V_{th} 发生变化. 此处, 载流子浓度的增大体现为光生电流的增大, 如图 3 (b) 所示. 另外, 在 350 nm 单色光照射下, 光生电流最大, 由此时光照前后的输出特性曲线也可以看出 I_{DS} 明显增大, 如图 3 (c) 所示. 因此, 在 $V_{DS} = -3$ V, $V_{GS} = -3—3$ V 的低工作电压下, 并五苯光电探测器 ITO/Pentacene(80 nm)/Al (15 nm)/Pentacene (80 nm)/Au 可以通过电流的放大效应直接反映入射光信息, 从而实现光电探测.

除了 V_{th} , I_{on}/I_{off} 等参数可以表征基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器的电学性能之外, 还可以通过“明/暗”电流比 (I_{ph}/I_{dark}) 和响应度 (R) 来定量表征其探测性能, 计算公式如下^[22]:

$$P = \frac{I_{ph}}{I_{dark}} = \frac{I_{illum} - I_{dark}}{I_{dark}}, \quad (2)$$

$$R = \frac{I_{ph}}{P_{inc}} = \frac{I_{illum} - I_{dark}}{E_{inc} \times A}, \quad (3)$$

其中 I_{illum} 和 I_{dark} 为器件在光照下和无光照时的电流值, I_{ph} 为光生电流值, 入射光功率 P_{inc} 可以

写作入射光辐照度 E_{inc} 与器件有效面积 A 的乘积。为了简化实验、减小光功率的测量误差, 实验中采用参考替代法, 将已知响应度的标准硅基探测器作为参考器件, 与并五苯光电探测器 ITO/Pentacene (80 nm)/Al(15 nm)/ Pentacene (80 nm)/Au 对同一入射光进行探测, 则基于垂直晶体管结构的并五苯光电探测器的响应度可写为

$$R(\lambda) = R_{\text{Si}}(\lambda) \frac{I_{\text{ph}}(\lambda) A_{\text{Si}}}{I_{\text{phSi}}(\lambda) A}, \quad (4)$$

其中 R_{Si} , I_{phSi} 和 A_{Si} 分别为标准硅基探测器的响应度、光生电流值和有效面积。

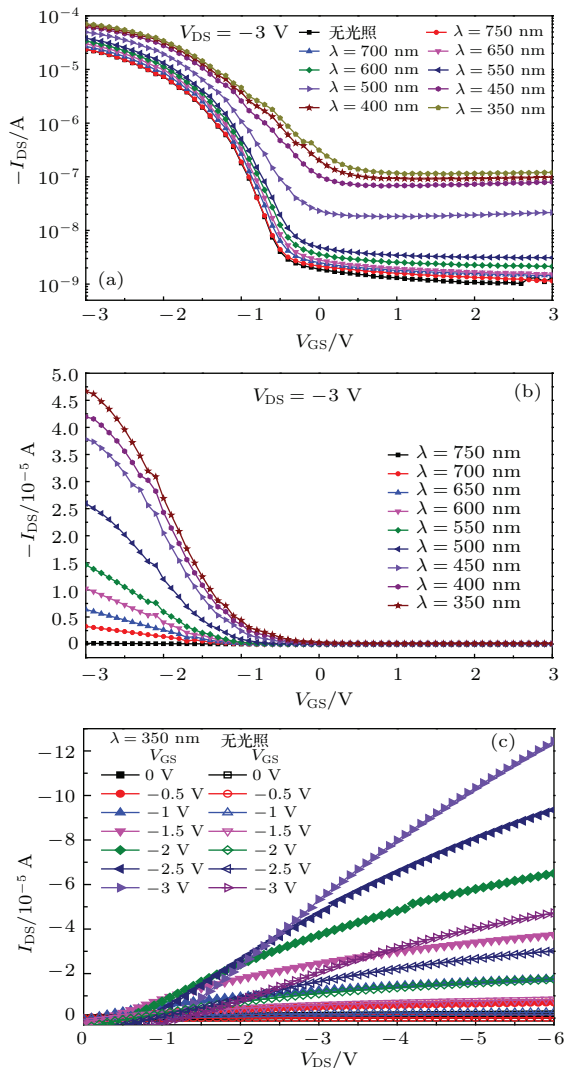


图3 (网刊彩色) 并五苯光电探测器在 (a) 不同单色光及无光照下的转移特性曲线, (b) 不同单色光照下的光生电流曲线, (c) 350 nm 单色光及无光照下的输出特性曲线
 Fig. 3. (color online) (a) Transfer characteristics under different monochromatic light and in dark; (b) photocurrent curves under different monochromatic light; (c) output characteristics under 350 nm monochromatic light and in dark of the pentacene photodetector.

根据 (2) 式, 我们计算出基于垂直晶体管结构的低电压并五苯光电探测器在不同波长单色光照射下的“明/暗”电流比 $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$, 并得出其随栅压 V_{GS} 的变化关系, 如图 4(a) 所示. 可以看出, 对于同一入射波长单色光, 器件的 $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$ 随着 V_{GS} 的正向增大而呈现出先增大后减小的趋势, 且在不同波长的单色光照射下, $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$ 峰值的位置几乎不变(在 $V_{\text{GS}} = -0.5 \text{ V}$ 时), 说明栅压的调制作用不随入射光波长的变化而变化. 另外, $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$ 随着入射光波长的减小而增加, 入射光波长大于 500 nm 时, $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$ 开始显著增大; 当入射光波长为 350 nm 时, $I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}}$ 最大可达 308. 这说明基于垂直晶体管结构的并五苯光电探测器通过较低的栅压便可实现显著的电流调制作用, 通过提高光生电子-空穴对的解离率, 降低载流子的复合概率, 从而获得较高的“明/暗”电流比.

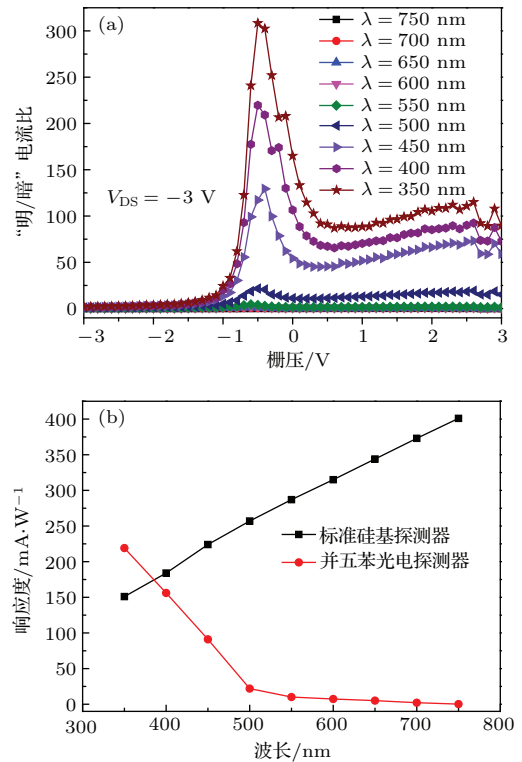


图4 (网刊彩色) 并五苯光电探测器 (a) 在不同单色光照下“明/暗”电流比随栅压的变化图, (b) 与标准硅基探测器随入射波长变化的响应曲线
 Fig. 4. (color online) (a) $(I_{\text{ph}}/I_{\text{dark}})$ curves varying with the gate voltage under different monochromatic light; (b) comparing with the standard Si-based photodetector, responsivity curves varying with the incident wavelength of the pentacene photodetector.

在“明/暗”电流比达到最大值 ($V_{\text{GS}} = -0.5 \text{ V}$ 时) 的基础上, 进一步分析此时基于垂直晶体管结

构的低电压并五苯光电探测器的光谱响应特性. 根据(4)式, 可以计算出并五苯光电探测器在不同波长单色光照射下的响应度, 并得出可见光区的光谱响应曲线, 如图4(b)所示. 由于并五苯薄膜的禁带宽度约为1.8 eV^[23], 则当入射光波长为750 nm时器件几乎没有响应; 随着入射光波长的减小, 器件响应度逐渐增大; 当入射光波长为350 nm时, 其 R 值最大可达219 mA·W⁻¹(该值甚至大于此时标准硅基探测器的响应度). 因此, 这种低电压、高“明/暗”电流比、高响应度且具波长选择性的基于垂直晶体管结构的有机光电探测器可作为低电压光电子集成电路中的可见光探测器, 具有明显的性能优势.

实验发现: 在制备垂直结构的晶体管时, 如果沟道长度太薄, 则器件的漏电流较大, 这在一定程度上影响了光电探测器的探测性能. 因此, 还需进一步提升器件性能, 通过加入缓冲层等方法来降低漏电流, 以实现工作电压更小、探测性能更优良的基于垂直晶体管结构有机光电探测器.

4 结 论

本文成功制备了一种可以通过低电压调控的、电学性能良好的($V_{th} = -0.9$ V, $I_{on}/I_{off} = 10^4$)基于垂直晶体管结构的并五苯光电探测器ITO(S)/Pentacene/Al(G)/Pentacene /Au(D), 在可见光范围内表现出了优异的光电探测性能. 随着入射光波长从750 nm减小到350 nm, 光生载流子数目逐渐增加, 使得 I_{DS} 增大, 这种电流的放大效应直接反映了入射光的信息, 从而实现光电探测. 通过 $V_{DS} = -3$ V, $V_{GS} = -3-3$ V的低电压调控, 垂直晶体管结构的并五苯光电探测器ITO/Pentacene (80 nm)/Al(15 nm)/Pentacene (80 nm)/Au获得了较高的 I_{ph}/I_{dark} 和 R : 在入射光波长为350 nm时, I_{ph}/I_{dark} 最大值为308, 对应的 R 值最大可达219 mA·W⁻¹. 因此, 这种低电压、高“明/暗”电流比、高响应度且具波长选择性的基于垂直晶体管结构的有机光电探测器很有希望代替传统的无机探测器, 并应用于低电压光电子集成电路中, 这为制备便携式全有机图像传感器提供了一种有效途径.

参考文献

- [1] Yang S Y, Zou B S 2013 *Org. Electron.* **14** 362
- [2] Ben-Sasson A J, Greenman M, Roichman Y, Tessler N 2014 *Isr. J. Chem.* **54** 568
- [3] Yang S Y, Du W S, Qi J R, Lou Z D 2009 *Acta Phys. Sin.* **58** 3427 (in Chinese) [杨盛谊, 杜文树, 齐洁茹, 娄志东 2009 物理学报 **58** 3427]
- [4] Mukherjee B, Mukherjee M, Choi Y, Pyo S 2010 *Appl. Mater. Interfaces* **2** 1614
- [5] Maiellaro G, Ragonese E, Gwoziecki R, Jacobs S, Marjanovic N, Chrapa M, Schleuniger J, Palmisano G 2014 *IEEE. Trans. Circuits-I.* **61** 1036
- [6] Chai Y H, Guo Y X, Bian W, Li W, Yang T, Yi M D, Fan Q L, Xie L H, Huang W 2014 *Acta Phys. Sin.* **63** 027302 (in Chinese) [柴玉华, 郭玉秀, 卞伟, 李雯, 杨涛, 仪明东, 范曲立, 解令海, 黄维 2014 物理学报 **63** 027302]
- [7] Noh Y Y, Kim D Y 2007 *Solid-State Electron.* **51** 1052
- [8] Yang Y, Costa R C D, Fuchter M J, Campbell A J 2013 *Nat. Photon.* **7** 634
- [9] Yang D, Zhang L, Yang S Y, Zou B S 2013 *IEEE Photon. J.* **5** 6801709
- [10] Zhang L, Yang D, Yang S Y, Zou B S 2014 *Appl. Phys. A* **116** 1511
- [11] Yang C Y, Cheng S S, Ou T M, Wu M C, Wu C H, Chao C H, Lin S Y, Chan Y J 2007 *IEEE Trans. Electron Dev.* **54** 1633
- [12] Johnston D E, Yager K G, Nam C Y, Ocko B M, Black C T 2012 *Nano Lett.* **12** 4181
- [13] Giri G, Park S, Vosgueritchian M, Shulaker M M, Bao Z N 2014 *Adv. Mater.* **26** 487
- [14] Zhao G, Cheng X M, Tian H J, Du B Q, Liang X Y, Wu F 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 218502 (in Chinese) [赵赓, 程晓曼, 田海军, 杜博群, 梁晓宇, 吴峰 2012 物理学报 **61** 218502]
- [15] Kim K H, Bae S Y, Kim Y S, Hur J A, Hoang M H, Lee T W, Cho M J, Kim Y, Kim M, Jin J I, Kim S J, Lee K, Lee S J, Choi D H 2011 *Adv. Mater.* **23** 3095
- [16] Okur S, Yakuphanoglu F, Stathatos E 2010 *Microelectronic Engineering* **87** 635
- [17] Liu X H, Dong G F, Duan L, Wang L D, Qiu Y 2012 *J. Mater. Chem.* **22** 11836
- [18] Kudo K, Wang D X, Iizuka M, Kuniyoshi S, Tanaka K 2000 *Synth. Met.* **111-112** 11
- [19] Nishizawa J, Terasaki T, Shibata J 1975 *IEEE Trans. Electron Dev.* **ED-22** 185
- [20] Kang H S, Choi C S, Choi W Y, Kim D H, Seo K S 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 3780
- [21] Saragi T P I, Pudzich R, Fuhrmann T, Salbeck J 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 2334
- [22] Hamilton M C, Kanicki J 2004 *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* **10** 840
- [23] Blanchet G B, Fincher C R, Malajovich I 2003 *J. Appl. Phys.* **94** 6181

Low-voltage pentacene photodetector based on a vertical transistor configuration*

Yang Dan¹⁾ Zhang Li²⁾ Yang Sheng-Yi^{1)†} Zou Bing-Suo¹⁾

1) (*Beijing Key Laboratory of Nanophotonics and Ultrafine Optoelectronic Systems, School of Physics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China*)

2) (*Beijing Key Laboratory of Nanophotonics and Ultrafine Optoelectronic Systems, School of Materials Science and Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China*)

(Received 1 August 2014; revised manuscript received 24 November 2014)

Abstract

Due to the excellent characteristics of field-effect transistor and its high absorption coefficient in the visible region, pentacene has been widely used in phototransistors. The channel length of the vertical transistor could be designed to be very short (on the order of nanometers). In this way, the device performances and its working frequency can be effectively improved, and the energy consumption can be reduced simultaneously. In this paper, we fabricate a kind of low-voltage pentacene photodetector ITO(S)/Pentacene/Al(G)/Pentacene/Au(D), based on the vertical transistor configuration. The threshold voltage and “on/off” current ratio are -0.9 V and 10^4 at a low working-voltage of -3 V, respectively. The pentacene photodetector ITO/Pentacene(80 nm)/Al(15 nm)/Pentacene (80 nm)/Au exhibits a good p-type transistor behavior and low-voltage-controlling performance. The photosensitivity and responsivity vary with incident monochromatic light from 350 nm to 750 nm, and the photosensitivity peak of 308 is obtained at 350 nm with a responsivity of $219 \text{ mA}\cdot\text{W}^{-1}$, which is even higher than that of the standard Si-based photodetector under 350 nm incident light. Therefore, this work provides an easy way to fabricate a high sensitivity all-organic photodetector working at low voltages.

Keywords: vertical transistor, organic photodetectors, responsivity, pentacene

PACS: 85.60.Gz, 72.40.+w, 85.30.Tv, 72.80.Le

DOI: 10.7498/aps.64.108503

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 60777025), the Cooperation Project of Beijing Nova Program, China (Grant No. XXHZ201204), the Project of State Key Laboratory of Transducer Technology, China (Grant No. SKT1404), the Foundation of Distinguished Teacher, China (Grant No. BIT-JC-201005) and the “111” Research Base at Beijing Institute of Technology, China (Grant No. BIT111-201101).

† Corresponding author. E-mail: syyang@bit.edu.cn