



LaAlO₃/SrTiO₃界面增强光伏效应

息剑峰 李宝河 刘丹 李熊 耿爱丛 李笑

Enhanced photovoltaic effect in LaAlO₃/SrTiO₃ interface

Xi Jian-Feng Li Bao-He Liu Dan Li Xiong Geng Ai-Cong Li Xiao

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 70, 086802 (2021) DOI: 10.7498/aps.70.20201330

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7498/aps.70.20201330>

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

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

光电协同增强的场效应对LaAlO₃/SrTiO₃界面中持续光电导的调控

Light-enhanced gating effect on the persistent photoconductivity at LaAlO₃/SrTiO₃ interface

物理学报. 2019, 68(6): 067302 <https://doi.org/10.7498/aps.68.20182204>

Sr掺杂对La_{1-x}Sr_xMnO₃/LaAlO₃/SrTiO₃界面电子结构的影响

Effect of Sr doping on electronic structure of La_{1-x}Sr_xMnO₃/LaAlO₃/SrTiO₃ heterointerface

物理学报. 2017, 66(18): 187301 <https://doi.org/10.7498/aps.66.187301>

Pt/BiFeO₃/Nb:SrTiO₃异质结的光伏效应和光调控整流特性

Photovoltaic effect and photo-assisted diode behavior in Pt/BiFeO₃/Nb-doped SrTiO₃ heterojunction

物理学报. 2020, 69(12): 127301 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20200280>

掺铌SrTiO₃中的逆自旋霍尔效应

Inverse spin Hall effect in Nb doped SrTiO₃

物理学报. 2019, 68(10): 106101 <https://doi.org/10.7498/aps.68.20190118>

纳米尺度下气泡核化生长的分子动力学研究

Molecular dynamics study of bubble nucleation on a nanoscale

物理学报. 2018, 67(23): 234702 <https://doi.org/10.7498/aps.67.20180993>

La施主掺杂SrTiO₃单晶的阻变性能研究

Resistance switching of La doped SrTiO₃ single crystals

物理学报. 2018, 67(18): 187303 <https://doi.org/10.7498/aps.67.20180904>

LaAlO₃/SrTiO₃ 界面增强光伏效应*

息剑峰[†] 李宝河 刘丹 李熊 耿爱丛 李笑

(北京工商大学物理系, 北京 102488)

(2020年8月14日收到; 2021年1月22日收到修改稿)

探索 LaAlO₃/SrTiO₃(LAO/STO) 界面产生的新奇物理特性对理解关联电子系统中多自由度耦合和设计功能材料器件具有重要的价值. 本文通过脉冲激光沉积方法在 SrTiO₃ 基底上制备了 LAO/STO 薄膜, 研究了正面照射 LAO/STO 膜面和侧面照射 LAO/STO 界面时的光伏效应, 探讨了 LAO/STO 界面对光伏效应的影响. 研究表明, 在同样光照能量下侧面照射 LAO/STO 界面产生的光电压远高于正面照射 LAO/STO 膜面产生的光电压, 说明 LAO/STO 界面对光伏效应有明显的增强作用. 通过偏压调控可以进一步增强照射 LAO/STO 界面产生的光电压, 当偏压为 60 V 时, LAO/STO 样品的位置探测灵敏度达到了 36.8 mV/mm. 这些研究结果为设计场调控位置敏感探测器等新型光电子器件提供了新的思路.

关键词: LaAlO₃/SrTiO₃ 界面, 界面效应, 横向光伏效应, 光电特性

PACS: 68.37.-d, 68.55.-a, 78.67.-n

DOI: 10.7498/aps.70.20201330

1 引言

过渡金属氧化物材料因为具有铁电^[1]、金属-绝缘体相变^[2,3]、超导^[4]等许多重要的电子特性一直是凝聚态物理领域研究的热点^[5-8]. 许多过渡金属氧化物表现出结构不稳定性、强关联电子特性、多种自由度之间的强烈耦合与竞争特性^[9-13], 而这些特性在设计对于微小刺激能够产生强烈响应的新型超敏感传感器件时有着重要帮助. 人工设计的能产生新奇物理特性的过渡金属氧化物低维结构是研究探索界面效应的理想材料, 其中 LaAlO₃ (LAO) 与 SrTiO₃ (STO) 之间的 LAO/STO 界面自从 2004 年被发现具有高迁移率的二维电子气后, 一直引起研究者的广泛关注^[14].

LAO/STO 界面有着块体材料中不存在的非凡特性, 例如高电子迁移率^[15]、超导性^[16]、铁磁

性^[17]、各种电场条件下的可调谐性^[18,19]、光电导特性^[20]、铁电极化^[21]等. 已经有许多机制被提出用来解释 LAO/STO 界面二维电子气的起源. 其中最被认可的理论之一叫作“极化灾难”^[22,23], 它解释了界面的传导性以及输运特性的厚度依赖性、临界厚度、门电压的可调节性等现象. 除了极化灾难理论外还有一些理论解释 LAO/STO 界面二维电子气的起源, 例如氧空位理论^[24]、界面原子扩散理论^[25]等, 但是对于 LAO/STO 界面二维电子气的起源仍然存在争论^[26,27], 因此研究 LAO/STO 界面所发现的新奇物理现象, 探究 LAO/STO 界面二维电子气的起源, 对理解关联电子系统中多自由度耦合和设计新型功能材料器件是至关重要的. 基于此, 本文应用脉冲激光沉积方法在 SrTiO₃ 单晶基底上外延生长了 LAO/STO 薄膜, 研究了 LAO/STO 界面对 LAO/STO 薄膜光伏效应的影响, 结果发现 LAO 与 STO 之间的界面效应可

* 国家自然科学基金 (批准号: 62075245, 52001012) 和北京工商大学青年教师科研启动基金 (批准号: PXM2019_014213_000007) 资助的课题.

[†] 通信作者. E-mail: xijf@btbu.edu.cn

以增强样品的光伏特性, 通过偏压可以进一步调控 LAO/STO 界面增强光伏效应的作用. 这种 LAO/STO 界面增强的光伏效应, 在以往的文献中未见报道, 其在研发新型场调控光电探测器件方面具有潜在应用价值.

2 实验部分

2.1 样品制备

LAO/STO 薄膜样品由装有反射式高能电子衍射仪 (reflection high-energy electron diffraction, RHEED) 的脉冲激光沉积 (pulsed laser deposition, PLD) 系统制备. 样品制备在 STO(001) 基片上, 样品制备前 STO 基片由氢氟酸处理后在 950 °C 下热处理 3 h 使 STO 基片表面终止层为 TiO₂ 面. PLD 系统使用的激光波长为 248 nm, 激光能量密度为 1 J/cm². 生长时基片温度 700 °C, 环境氧压 0.01 mbar (1 mbar = 100 Pa), 靶材与基片间距为 70 mm. 通过原位监控的 RHEED 确定生长的 LAO 层和 STO 层厚度都约为 36 nm.

2.2 测试方法

使用 FEI Tecnai G2 F20 场发射高分辨透射电子显微镜 (transmission electron microscope, TEM) 对样品进行微观结构表征. 制备样品表面尺寸为 5 mm × 10 mm, 厚度为 0.5 mm, 经过丙酮与酒精清洗后在样品表面两侧制备了尺寸为 5 mm × 1 mm 的银电极, 电极之间间距为 8 mm. 光伏效应测试的光源为 Coherent COMPex50 型准分子激光器, 激光波长为 248 nm, 激光脉宽为 20 ns, 激光发出后经过扩束镜扩束保证出射激光的能量均匀性, 激光能量密度约为 50 mJ/cm². 光伏效应的信号采集由采样带宽为 350 MHz 的 Tektronix DPO4032 型数字示波器完成. 测试偏压由 Keithley 2400 型数字源表提供.

3 结果与讨论

图 1 为 LAO/STO 薄膜样品的截面 TEM 图. 图 1(a) 为 LAO/STO 薄膜样品的低分辨截面 TEM 图, 图 1(b) 与图 1(c) 分别为 STO/LAO 界面处与 LAO/STO 界面处放大的高分辨截面 TEM 图. 可以看出, LAO 层与 STO 层的厚度与 RHEED 监测

的生长厚度一致, LAO 与 STO 的界面平整清晰, 没有观察到任何杂相和可见的相互扩散区域, LAO 层和 STO 层都实现了外延生长.

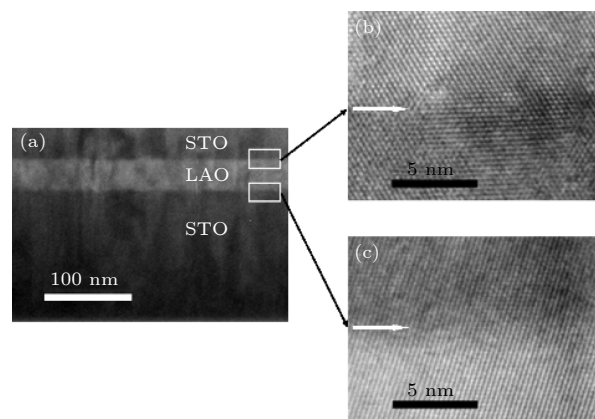


图 1 LAO/STO 样品的截面 TEM 图 (a) 整体 TEM 图; (b) LAO/STO 界面高分辨 TEM 图; (c) STO/LAO 界面高分辨 TEM 图

Fig. 1. TEM images of LAO/STO sample: (a) TEM image of LAO/STO sample; (b) HR-TEM image of LAO/STO interface; (c) HR-TEM image of STO/LAO interface.

图 2(a) 为使用激光正面照射 LAO/STO 样品膜面两个电极之间 5 mm × 8 mm 区域不同偏压下的光生电压波形图. 测试电路如图 2(b) 的插图所示. 从图 2(a) 中可以看出, 当激光照射 LAO/STO 样品时, 样品中产生了瞬态的光伏效应, 并且光伏效应的复合时间较长, 超过 2 ms. 由图 2(b) 可以看出, 激光照射 LAO/STO 样品正面的光生电压随着偏压的增加基本上线性增加, 当偏压为 20 V 时样品的光电压为 177 mV, 当偏压升为 80 V 时样品的光电压为 1292 mV. 因为 248 nm 激光的光子能量约为 5 eV, 大于 STO 的禁带宽度 3.2 eV, 所以当光照射在样品上时电子吸收光子能量从价带激发到导带, 形成了非平衡光生载流子. 这些载流子被偏压所提供的电场分离, 使样品两端探测到了光电压, 随着偏压的增大, 光电压也逐渐增大. 图 2(c) 为使用激光侧面照射 LAO/STO 样品界面 0.5 mm × 8.0 mm 区域时 (如图 2(d) 插图所示) 在不同偏压下的光生电压波形图. 可以看出, 侧面照射 LAO/STO 样品界面的光生电压的波形与正面照射样品时的光生电压波形基本一致, 但是照射界面的光伏效应复合时间明显高于照射膜面的复合时间. 从图 2(d) 可以看出, 侧面照射 LAO/STO 界面产生的光生电压也随着偏压的增加逐渐增加, 当偏压为 20 V 时光电压为 52 mV,

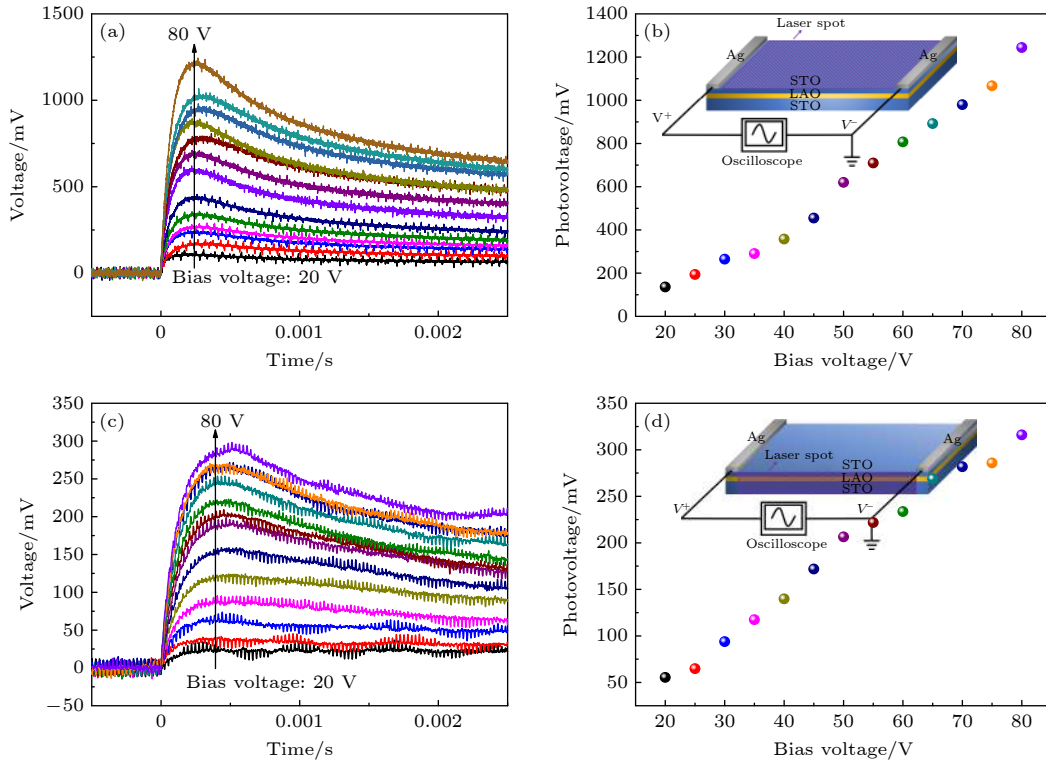


图 2 (a) 不同偏压下 248 nm 激光正面照射 LAO/STO 样品光生电压波形图; (b) 正面照射光生电压随偏压的变化; (c) 不同偏压下激光侧面照射 LAO/STO 样品光生电压波形图; (d) 侧面照射光生电压随偏压的变化

Fig. 2. (a) Photovoltaic waveforms for LAO/STO sample at different bias voltages under the 248 nm laser front illumination; (b) photovoltages as a function of bias voltages under front illumination; (c) photovoltaic waveforms for LAO/STO sample at different bias voltages under side illumination; (d) photovoltages as a function of bias voltages under side illumination.

当偏压为 80 V 时光电压上升到 325 mV. 因为侧面照射界面的光照区域大小仅是正面照射膜面的 1/10, 而激光能量密度不变, 经计算可知, 同等能量激光照射 LAO/STO 样品界面产生的光电压远高于激光照射样品膜面时所产生的光电压, 这说明 LAO 与 STO 之间的界面效应对样品的瞬态光伏效应有增强作用. 这可能是因为当 LAO 层和 STO 层的厚度超过 30 层原胞 (约 12 nm) 时, 大约 70% 的电子都会被束缚在 LAO/STO 界面附近 3 nm 的区域内^[28], 当光直接照射 LAO/STO 界面的光响应度远高于光经过膜面作用到 LAO/STO 界面层的光响应度时, 导致了光侧面照射 LAO/STO 样品界面时产生的光伏效应高于光正面照射样品膜面时的光伏效应.

为进一步探究 LAO/STO 界面效应对光伏效应的影响, 在偏压为 50 V 的情况下测试了 LAO/STO 样品正面和侧面部分区域光照时样品的光生电压. 如图 3 中的插图所示, 光照区域左端靠近 LAO/STO 样品左侧电极, 通过狭缝改变光照区域的宽度 d , 测量光电压. 从图 3(a) 可以看出, 正面

照射 LAO/STO 样品膜面时, 样品的光电压随着光照区域的增大而增加. 光电压在光照区域宽度为 1 mm 时为 60 mV, 当光照区域宽度为 7 mm 时光电压增加到了 787 mV. 这说明光照区域中产生的光生载流子可以传导通过非光照区. 当激光照射样品时, 光照区域中产生的光生载流子由于偏压的作用被分离为电子和空穴在光照区域边缘聚集. 在非光照区域中, 光照区域边缘聚集的光生载流子经由 LAO/STO 界面层向探测电极传导扩散, 随着扩散距离的增加光生载流子浓度呈指数级衰减, 在非光照区域中产生了一个梯度电场. 所以样品的光电压与光照区域宽度之间呈指数变化. 当侧面照射 LAO/STO 样品界面部分区域时也可以探测到光电压, 当光照区域宽度为 1 mm 时样品的光电压为 40 mV, 随着光照区域宽度的增加, 样品的光电压基本上呈线性增加, 当光照区域宽度为 7 mm 时, 样品的光电压为 230 mV, 如图 3(b) 所示. 这可能因为侧面照射产生的光生载流子主要集中于 LAO/STO 界面附近^[29], 这些载流子在非光照区经由 LAO/STO 界面层的传导好于正面照射膜面产生

载流子在不同层之间的扩散, 所以侧面照射的光电压与光照区域宽度之间基本呈线性变化. 同样光照面积下, 侧面照射 LAO/STO 界面部分区域的光电压高于正面照射 LAO/STO 膜面部分区域的光电压.

当偏压为 50 V, 光照区域大小不变, 位置由一侧电极向另一侧电极逐渐移动时, 在 LAO/STO 样品上观测到了明显的横向光伏效应. 正面照射样品膜面时光照区域大小为 5 mm × 2 mm. 如图 4(a) 所示, 横轴 X 为光照区域左侧距离左端电极的距离, 纵轴为样品的光电压, 可以看出 LAO/STO 样品的光电压随着光照位置从左侧电极向右侧电极移动逐渐增加, 当光照位置紧贴左端电极时为 65 mV, 当光照位置紧贴右端电极时为 165 mV. 侧面照射 LAO/STO 界面时同样具有横向光伏效应, 光照区域大小为 0.5 mm × 2.0 mm, 光照区域靠近左侧电极时光电压为 52 mV, 靠近右侧电极时光电压为 90 mV, 如图 4(b) 所示.

LAO/STO 界面产生的界面效应使侧面照射样品时具有了更高的横向光伏灵敏度. 侧面照射样品时, 通过 LAO/STO 界面到达各个电极的非平衡载流子数目会变多. 根据异质结非均匀照射时载流子的浓度分布, 两个电极之间的电势差可以表示为^[30,31]

$$V = \frac{E(L) - E(-L)}{e} = K_f N_0 \left[\exp\left(-\frac{|L-x|}{\lambda_f}\right) - \exp\left(-\frac{|L+x|}{\lambda_f}\right) \right], \quad (1)$$

式中 L 和 $-L$ 是两个电极的位置, x 是光照区域位置, K_f 是比例系数, λ_f 是载流子扩散长度, N_0 是 x 位置的光生载流子数目. 理想情况下, (1) 式可以简化为

$$V_L = \frac{2K_f N_0}{\lambda_f} \exp\left(-\frac{L}{\lambda_f}\right) x, \quad (2)$$

其中 $N_0 = n_0 [1 - P(\tau p/n_0)]$, p 是激光能量, τ 是载流子扩散寿命, n_0 是光生载流子密度. P 表示的是

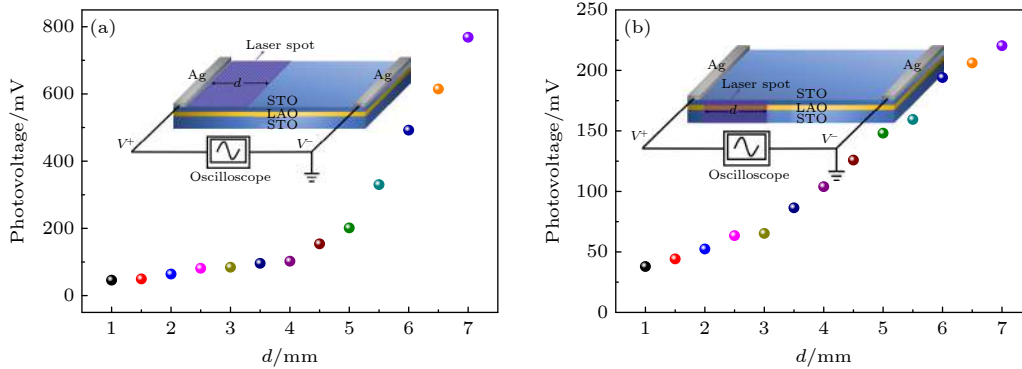


图 3 (a) 正面照射样品光生电压随光照区域宽度 d 展宽的变化; (b) 侧面照射样品光生电压随光照区域宽度 d 展宽的变化
Fig. 3. (a) Photovoltages as a function of irradiated area width d under front illumination; (b) photovoltages as a function of irradiated area width d under side illumination.

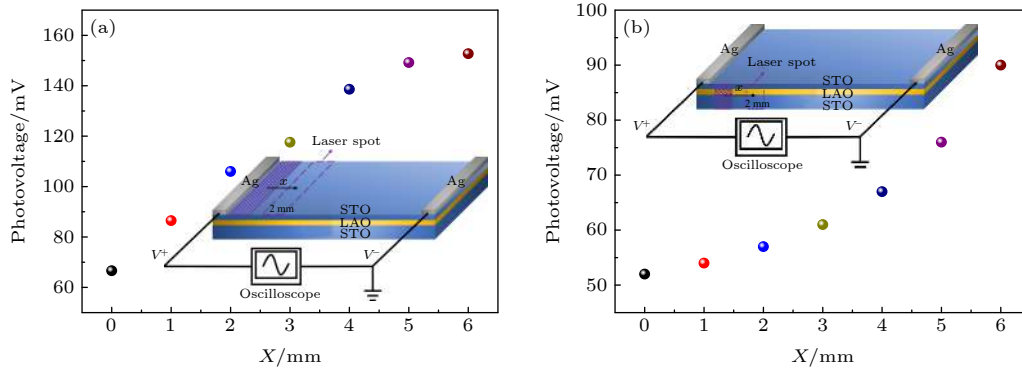


图 4 (a) 正面照射样品光生电压随光照区域位置 X 的变化; (b) 侧面照射样品光生电压随光照区域位置 X 的变化
Fig. 4. (a) Photovoltages as a function of irradiated position X under front illumination; (b) photovoltages as a function of irradiated position X under side illumination.

样品中非平衡载流子复合的可能性, 由 (2) 式可知 P 越小, 样品电极之间的横向光伏 V_L 就会越大. 偏压会影响 LAO/STO 样品中非平衡载流子的复合. 如图 5 所示, 当把偏压变为 60 V 时, 侧面照射 LAO/STO 界面产生横向光伏效应在各个位置的光生电压 (红色虚线) 都高于正面照射 LAO/STO 膜面各个位置的光生电压 (蓝色虚线), 而侧面光照的能量仅为正面光照能量的 1/10. 通过偏压的调控, 照射 LAO/STO 界面的位置探测灵敏度达到了 36.8 mV/mm.

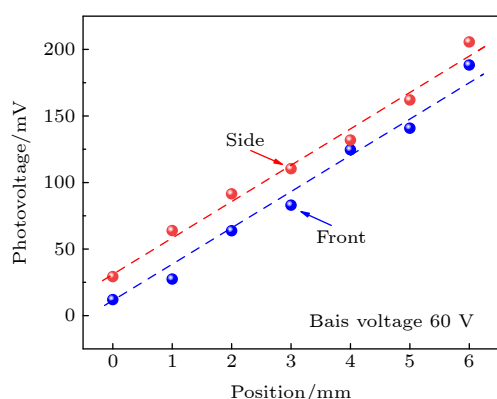


图 5 偏压为 60 V 时正面和侧面照射样品光生电压随光照区域位置的变化

Fig. 5. Photovoltages as a function of irradiated position under front illumination and side illumination at bias voltage 60 V.

4 结 论

本文采用 PLD 方法在 STO 单晶衬底上制备了 LAO/STO 薄膜, 研究了 LAO/STO 界面对光伏效应的影响. 研究发现, LAO/STO 界面的界面对光伏效应有明显增强作用, 在同样光照能量下照射 LAO/STO 界面产生的光电压远高于照射 LAO/STO 膜面产生的光电压. 利用偏压可以进一步调控 LAO/STO 界面对光伏效应的增强作用, 使 LAO/STO 样品的位置探测灵敏度达到了 36.8 mV/mm. 这为设计新型场调控位置敏感探测器等光电子器件提供了新的思路.

参考文献

[1] Tra V T, Chen J W, Huang P C, Huang B C, Cao Y, Yeh C H, Liu H J, Eliseev E A, Morozovska A N, Lin J Y, Chen Y C, Chu M W, Chiu P W, Chiu Y P, Chen L Q, Wu C L, Chu Y H 2013 *Adv. Mater.* **25** 3357
 [2] Thiel S, Hammerl G, Schmehl A, Schneider C W, Mannhart J

2006 *Science* **313** 1942
 [3] Reyren N, Thiel S, Caviglia A D, Kourkoutis L F, Hammerl G, Richter C, Schneider C W, Kopp T, Ruetschi A S, Jaccard D, Gabay M, Muller D A, Triscone J M, Mannhart J 2007 *Science* **317** 1196
 [4] Caviglia A D, Gariglio S, Reyren N, Jaccard D, Schneider T, Gabay M, Thiel S, Hammerl G, Mannhart J, Triscone J M 2008 *Nature* **456** 624
 [5] Bi F, Huang M, Ryu S, Lee H, Bark C W, Eom C B, Irvin P, Levy J 2014 *Nat. Commun.* **5** 5019
 [6] Li M, Shi X N, Zhang Z L, Ji Y D, Fan J Y, Yang H 2019 *Acta Phys. Sin.* **68** 087302 (in Chinese) [李敏, 时鑫娜, 张泽霖, 吉彦达, 樊济宇, 杨浩 2019 物理学报 **68** 087302]
 [7] Li L, Richter C, Mannhart J, Ashoori R C 2011 *Nat. Phys.* **7** 762
 [8] Bert J A, Kalisky B, Bell C, Kim M, Hikita Y, Hwang H Y, Moler K A 2011 *Nat. Phys.* **7** 767
 [9] Lee P, Singh V, Guo G, Liu H J, Lin J C, Chu Y H, Chen C, Chu M W 2016 *Nat. Commun.* **7** 12773
 [10] Zhu L F, Pan W Y, Xie Y, Zhang B P, Yin Y, Zhao G L 2019 *Acta Phys. Sin.* **68** 217701 (in Chinese) [朱立峰, 潘文远, 谢燕, 张波萍, 尹阳, 赵高磊 2019 物理学报 **68** 217701]
 [11] Sharma P, Huang Z, Li M, Li C, Hu S, Lee H, Lee J W, Eom C B, Pennycook S J, Seidel J 2018 *Adv. Funct. Mater.* **28** 1707159
 [12] Bark C W, Sharma P, Wang Y, Baek S H, Lee S, Ryu S, Folkman C M, Paudel T R, Kumar A, Kalinin S V, Sokolov A, Tsymbal E Y, Rzechowski M S, Gruverman A, Eom C B 2012 *Nano Lett.* **12** 1765
 [13] Huang M, Bi F, Bark C W, Ryu S, Cho K H, Eom C B, Levy J 2014 *Appl. Phys. Lett.* **104** 161606
 [14] Ohtomo A, Hwang H Y 2004 *Nature* **427** 423
 [15] Harsan Ma H J, Huang Z, Lu W M, Annadi A, Zeng S W, Wong L M, Wang S J, Venkatesan T, Ariando 2014 *Appl. Phys. Lett.* **105** 011603
 [16] Brinkman A, Huijben M, Van Zalk M, Huijben J, Zeitler U, Maan J C, Van der Wiel W G, Rijnders G, Blank D H A, Hilgenkamp H 2007 *Nat. Mater.* **6** 493
 [17] Ngo T D N, Chang J W, Lee K, Han S, Lee J S, Kim Y H, Jung M H, Doh Y J, Choi M S, Song J, Kim J 2015 *Nat. Commun.* **6** 8035
 [18] Irvin P, Ma Y, Bogorin D F, Cen C, Bark C W, Folkman C M, Eom C B, Levy J 2010 *Nat. Photonics* **4** 849
 [19] Behtash M, Nazir S, Wang Y, Yang K 2016 *Phys. Chem. Chem. Phys.* **18** 6831
 [20] Dao L Y, Zhang Z T, Xiao Y T, Zhang M H, Wang Sh, He J, Jia J S, Yu L J, Sun B, Xiong C M 2019 *Acta Phys. Sin.* **68** 067302 (in Chinese) [刀流云, 张子涛, 肖煜同, 张明昊, 王帅, 何珺, 贾金山, 余乐军, 孙波, 熊昌民 2019 物理学报 **68** 067302]
 [21] Gu M, Wang J, Wu X S, Zhang G P 2012 *J. Phys. Chem. C* **116** 24993
 [22] Nakagawa N, Hwang H Y, Muller D A 2006 *Nat. Mater.* **5** 204
 [23] Bristowe N C, Littlewood P B, Artacho E 2011 *Phys. Rev. B* **83** 205405
 [24] Kalabukhov A, Gunnarsson R, Börjesson J, Olsson E, Claeson T, Winkler D 2007 *Phys. Rev. B* **75** 121404
 [25] Gunkel F, Brinks P, Susanne H E, Dittmann R, Huijben M, Kleibecker J E, Koster G, Rijnders G, Waser R 2012 *Appl. Phys. Lett.* **100** 052103
 [26] Caputo M, Boselli M, Filippetti A, Lemal S, Li D, Chikina A, Cancellieri C, Schmitt T, Triscone J M, Ghosez P, Gariglio S, Strocov V N 2020 *Phys. Rev. Mater.* **4** 035001

- [27] Bell C, Harashima S, Hikita Y, Hwang H Y 2009 *Appl. Phys. Lett.* **94** 222111
- [28] Gariglio S, Fete A, Triscone J M 2016 *J. Phys. Condens. Matter* **27** 283201
- [29] Arnold D, Fuchs D, Wolff K, Schafer R 2019 *Appl. Phys. Lett.* **115** 122601
- [30] Yu C, Wang H 2010 *Sensors* **10** 10155
- [31] Lucovsky G 1960 *J. Appl. Phys.* **31** 1088

Enhanced photovoltaic effect in LaAlO₃/SrTiO₃ interface^{*}

Xi Jian-Feng[†] Li Bao-He Liu Dan Li Xiong Geng Ai-Cong Li Xiao

(Department of Physics, Beijing Technology and Business University, Beijing 102488, China)

(Received 14 August 2020; revised manuscript received 22 January 2021)

Abstract

Since high-mobility electron gas, which is also called two-dimensional electron gas, was discovered at the LaAlO₃/SrTiO₃ (LAO/STO) interface, SrTiO₃-based heterostructures and nanostructures have become an attractive platform for novel nanoelectronic devices. Exploring the novel physical properties of LAO/STO interface and the mechanisms of interface effect is the key to designing and fabricating the new photoelectric devices. The LAO/STO sample is prepared on an STO (001) substrate by pulsed laser deposition. In order to study the influence of interface effect on photovoltaic effect in the LAO/STO sample, a KrF pulse laser with a wavelength of 248 nm and an energy density of 50 mJ/cm² is chosen as an ultraviolet light source, a sampling oscilloscope of 350 MHz is used to measure the photovoltages, and a precision adjustable slit is adopted to control the size of irradiation area. The photovoltaic effect is studied under the condition of applied electric field at ambient temperature. The experimental results prove that the photovoltage of irradiating on the side of sample (LAO/STO interface) is higher than on the front of sample (film surface) under the same area of irradiation. Lateral photovoltaic effect is discovered in the LAO/STO sample. Irradiating on the side of sample (LAO/STO interface) can further improve the lateral photovoltaic effect in the LAO/STO sample. The open-circuit photovoltage depends linearly on the illuminated position, and the sensitivity reaches 36.8 mV/mm. The sensitivity of the lateral photovoltaic effect can be modified by the bias voltage. The experimental results not only contributes to better understanding the interface effect in LAO/STO interface, but also provides a basis for designing and using photoelectric devices for position-sensitive detection.

Keywords: LaAlO₃/SrTiO₃ interface, interface effect, lateral photovoltaic effect, photoelectric properties

PACS: 68.37.-d, 68.55.-a, 78.67.-n

DOI: 10.7498/aps.70.20201330

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 62075245, 52001012) and the Research Foundation for Youth Scholars of Beijing Technology and Business University, China (Grant No. PXM2019_014213_000007).

† Corresponding author. E-mail: xijf@btbu.edu.cn