

高负偏光照稳定性的溶液法像素级IZTO TFT

荆斌 徐萌 彭聪 陈龙龙 张建华 李喜峰

Sol-gel indium-zinc-tin-oxide thin film transistor pixel array with superior stability under negative bias illumination stress

Jing Bin Xu Meng Peng Cong Chen Long-Long Zhang Jian-Hua Li Xi-Feng

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 71, 138502 (2022) DOI: 10.7498/aps.71.20220154

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7498/aps.71.20220154>

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

溶液法制备全无机钙钛矿太阳能电池的研究进展

Research progress of solution processed all-inorganic perovskite solar cell
物理学报. 2019, 68(15): 158806 <https://doi.org/10.7498/aps.68.20190355>

溶胶-凝胶法制备氧化锡基薄膜及薄膜晶体管的研究进展

Research progress of tin oxide-based thin films and thin-film transistors prepared by sol-gel method
物理学报. 2020, 69(22): 228102 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20200653>

N₂O处理对背沟刻蚀金属氧化物薄膜晶体管性能的影响

Effect of N₂O treatment on performance of back channel etched metal oxide thin film transistors
物理学报. 2022, 71(5): 058503 <https://doi.org/10.7498/aps.71.20211350>

基于激光外差探测的大气N₂O吸收光谱测量与廓线反演

Measurement and profile inversion of atmospheric N₂O absorption spectrum based on laser heterodyne detection
物理学报. 2021, 70(21): 217801 <https://doi.org/10.7498/aps.70.20210710>

镨掺杂铟镓氧化物薄膜晶体管的低频噪声特性分析

Analysis of low frequency noise characteristics of praseodymium doped indium gallium oxide thin film transistor
物理学报. 2021, 70(16): 168501 <https://doi.org/10.7498/aps.70.20210368>

氢元素对铟镓锌氧化物薄膜晶体管性能的影响

Effects of hydrogen impurities on performances and electrical reliabilities of indium-gallium-zinc oxide thin film transistors
物理学报. 2018, 67(9): 098502 <https://doi.org/10.7498/aps.67.20180074>

高负偏光照稳定性的溶液法像素级 IZTO TFT*

荆斌¹⁾²⁾ 徐萌²⁾ 彭聪²⁾ 陈龙龙²⁾ 张建华²⁾ 李喜峰^{2)†}

1) (上海大学材料科学与工程学院, 上海 200072)

2) (上海大学, 新型显示技术及应用集成教育部重点实验室, 上海 200072)

(2022 年 1 月 21 日收到; 2022 年 3 月 23 日收到修改稿)

采用溶液法制备了铟锌锡氧化物 (indium-zinc-tin-oxide, IZTO) 有源层薄膜和铪铝氧化物 (hafnium-aluminum oxide, HAO) 绝缘层薄膜, 并成功应用于背沟道刻蚀结构 (back-channel etched, BCE) IZTO 薄膜晶体管 (thin-film transistor, TFT) 像素阵列. 利用 N_2O 等离子体表面处理钝化 IZTO 缺陷态, 提升溶液法像素级 IZTO TFT 器件性能, 特别是光照负偏压稳定性. 结果表明, 经 N_2O 等离子体处理后, 器件饱和迁移率提升了接近 80%, 达到 $51.52 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. 特别是 3600 s 光照负偏压稳定性从 -0.3 V 提升到 -0.1 V , 满足显示驱动的要求. 这进一步说明经 N_2O 等离子体处理后能够得到良好的溶液法像素级 IZTO TFT 阵列.

关键词: 溶液法, TFT 像素阵列, N_2O 等离子体处理, 光照负偏压稳定性

PACS: 85.30.Tv, 81.05.Gc, 77.22.Ch

DOI: 10.7498/aps.71.20220154

1 引言

近年来, 非晶氧化物薄膜晶体管由于具有高迁移率、低漏电率及大面积制造兼容等特点已广泛应用于平板显示产业^[1,2]. 目前产业广泛使用磁控溅射制备非晶氧化物薄膜^[3]. 随着印刷工艺的发展, 迫切需要开发溶液技术氧化物薄膜晶体管 (thin-film transistor, TFT)^[4,5], 然而溶液法制备的非晶氧化物 TFT 普遍存在偏压稳定性差, 特别是光照负偏压稳定性, 阻碍其实际应用^[6]. 常用的 TFT 结构主要有刻蚀阻挡层型 (etch stopper layer, ESL)^[7] 和背沟道刻蚀 (back-channel etched, BCE) 结构^[8]. BCE 结构简单、制程步骤少、成本低, 但要实现 BCE 结构, 必须解决非晶氧化物有源层与源漏电极的刻蚀选择比低的问题. 我们以前的研究发现, 非晶氧化物铟锌锡氧化物 (indium-zinc-tin-oxide, IZTO)

与传统源漏电极 Mo/Al 的刻蚀选择比高, 容易实现 BCE 结构 TFT^[9]. 此外, 溶液法 TFT 的研究主要集中在开发新材料、提升迁移率等方面, 但对应力稳定性, 尤其是光照负偏压稳定性 (negative bias illumination stress, NBIS) 的研究较少^[10–12]. 金属氧化物带隙中电离态氧空位 (或与氧相关的缺陷态) 的产生是氧化物 TFT 光照不稳定的原因^[13,14], 为了抑制氧化物 TFT 在光照负偏下的不稳定, 需降低由氧空位引起的类施主态的密度, 目前主要有两种办法: 一是掺入合适的元素来抑制氧空位的产生^[15,16]; 二是通过表面处理, 如热退火处理^[17]、等离子体处理^[18,19] 和紫外光 (ultraviolet, UV) 辐照处理^[20]. N_2O 等离子体处理也是目前采用比较多的表面处理方式, 因为通常 TFT 采用 PECVD 生长 SiO_2 作为钝化层, 可以在生长 SiO_2 前原位进行 N_2O 等离子体表面处理, 可减少额外的处理步骤, Hsieh 等^[21] 认为 N_2O 等离子体处理会钝化铟镓锌氧化物

* 国家自然科学基金 (批准号: 62174105, 61674101)、上海市学术/技术研究负责人计划 (批准号: 18XD1424400)、上海市教育发展基金会和上海市教育委员会 (批准号: 18SG38) 资助的课题.

† 通信作者. E-mail: lixifeng@shu.edu.cn

(indium-gallium-zinc-oxide, IGZO) 薄膜, 从而改善光照下的稳定性; 在我们之前的研究中, IGZO 薄膜经过 UV 辐照处理后, IGZO TFT 在光照偏压下表现出优异的稳定性^[22]. 而溶液法制备的氧化物薄膜与磁控溅射制备的薄膜相比, 其氧相关的缺陷态更多^[23], 但很少有研究将等离子体用来处理溶液法制备的氧化物薄膜以解决溶液法制备的 TFT 的光照偏压稳定性问题, 因此研究表面处理对溶液法制备氧化物 TFT 的稳定性至关重要. 同时, 目前研究的溶液法氧化物 TFT 多为单个器件^[24–26], 而用于显示驱动的 TFT 均为像素阵列, 与单个器件性能有着显著差异, 为了满足显示驱动的需求, 迫切需要研究溶液法像素级 TFT 阵列的光照负偏压稳定性. 基于此, 本文采用溶液法制备 BCE 结构的像素级 IZTO TFT 阵列, 并利用 N₂O 等离子体处理控制 IZTO 的氧相关缺陷态, 研究其偏压稳定性, 特别是光照偏压稳定性, 达到显示驱动的要求.

2 实验

2.1 溶液配制

本文 TFT 像素阵列绝缘层和有源层为溶胶法制备的 HAO 和 IZTO 薄膜. 将一定量的八水氧氯化铪 ($\text{HfCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, 98%, Sigma-Aldrich) 和仲丁醇铝 ($\text{Al}(\text{OC}_4\text{H}_9)_3$, 99%, Alfa-Aesar) 分别溶解在乙二醇甲醚中, Hf 和 Al 的比例为 2:1, 在室温中搅拌至澄清, 得到 HAO 前驱体溶液. 将五水合氯化锡 ($\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 98%, Sigma-Aldrich)、二水合醋酸锌 ($\text{Zn}(\text{OC}_2\text{H}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, 98%, Sigma-Aldrich) 和六水合硝酸铟化铟 ($\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 99.99%, Sigma-Aldrich) 溶于乙二醇甲醚中, 其中 In:Zn:Sn =

4:1:4, 并搅拌至澄清, 然后加入乙醇胺作为稳定剂, 形成 IZTO 前驱体溶液. 接着将配制好的 HAO 和 IZTO 溶液在 70 °C 水浴环境中搅拌 2 h, 结束后再在室温下进行 24 h 老化. 两者溶液浓度均为 0.3 mol/L.

2.2 薄膜及器件制备

首先, 在玻璃基板上溅射 Al/Mo 叠层结构作为栅极并图形化. 然后, 将 HAO 溶液旋涂到栅极上, 在 270 °C 下退火 1 h, 重复 5 次. 紧接着在 HAO 薄膜上制备有源层 IZTO 薄膜, 薄膜再经过 300 °C/1 h 退火处理, 重复两次达到 50 nm 的厚度. 其次湿法刻蚀 IZTO 薄膜, 形成沟道图案, 并在 450 °C 后退火. 随后 220 °C 下进行 N₂O 等离子体处理 30 s. 然后溅射源漏导电层, 通过湿法刻蚀进行图形化, 形成源极和漏极, 长宽比为 18:8. 最后, 通过等离子增强化学气相沉积 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD) 沉积一层 200 nm 的 SiO₂ 保护层, 并在空气氛围中进行 300 °C 退火 2 h, 图 1 给出了制备的 IZTO TFT 器件示意图及 4.5 英寸的像素阵列显微镜图像.

2.3 IZTO 薄膜表面形貌表征和 TFT 器件电学性能

使用原子力显微镜 (AFM, Nanonavi SPI-400SPM) 观察 IZTO 薄膜表面形貌; 使用 X 射线光电子能谱 (XPS, Thermo ESCALB250XL) 分析 IZTO 薄膜的化学成分; 采用半导体特性分析系统 (4200-SCS, Keithley) 测试器件的转移曲线、输出曲线、偏压稳定性; 光照偏压稳定性照射光源为 10000 lux 的 LED 背光源.

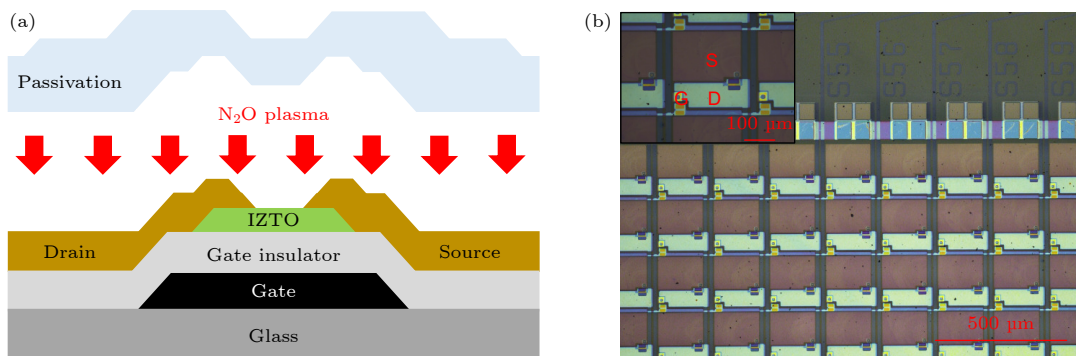


图 1 IZTO TFT (a) 器件截面示意图; (b) 像素阵列 10 倍显微镜图像 (插图为 50 倍)

Fig. 1. (a) Schematic cross section of an IZTO TFT; (b) microscope images of the IZTO TFTs array with magnification 10 times (Inset shows 50 times).

3 结果与讨论

图 2 给出了有无 N_2O 等离子处理的 IZTO 薄膜 AFM 图 ($2\ \mu m \times 2\ \mu m$). 无处理和 N_2O 处理后 IZTO 薄膜的均方根粗糙度 (root mean square, RMS) 分别为 0.55 和 0.26 nm, 经 N_2O 处理后 IZTO 薄膜表面变得更光滑, 光滑的 IZTO 薄膜表面有利于在有源层和钝化层之间形成良好的界面, 从而增加器件的稳定性、减少亚阈值摆幅和提高载流子迁移率 [27].

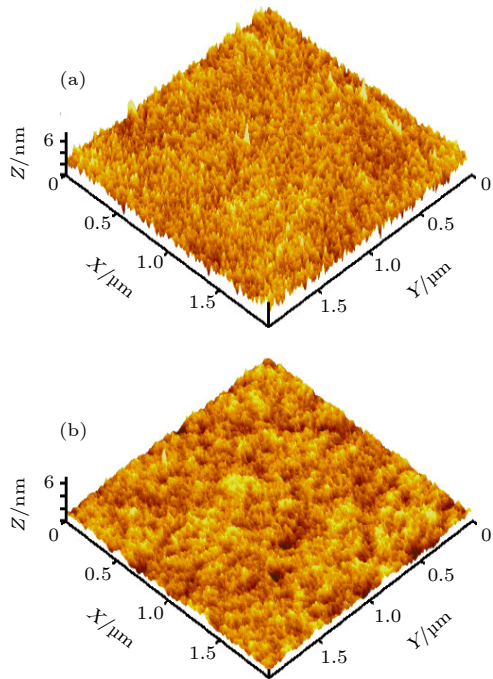


图 2 IZTO 薄膜 AFM 图 (a) 无处理; (b) N_2O 等离子体处理

Fig. 2. AFM images of the IZTO film: (a) without N_2O plasma treatment; (b) with N_2O plasma treatment.

图 3(a) 给出了 IZTO TFT 在黑暗环境下的传输特性曲线, 插图为探针测试实物图, 表 1 记录了从图 3(a) 曲线中提取的性能参数. 与未经处理的 IZTO TFT 相比, 经过 N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 表现出优异的电学性能, 阈值电压 (V_{th}) 从 -0.5 到 0.1 V, 饱和迁移率 (μ_{sat}) 从 29.12 到 $51.52\ cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$, 亚阈值摆幅 (SS) 从 204 到 $137\ mV \cdot dec^{-1}$. 无 N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 的 V_{th} 较负归因于在 PECVD 沉积 SiO_2 钝化层过程中产生了额外的陷阱状态 [28]. 当对有源层进行 N_2O 等离子体处理时, 背沟道附近会形成富氧区, 可有效防止 SiO_2 沉积过程中对背

表 1 有无 N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 性能对比

Table 1. Device performance comparison of IZTO TFT without and with N_2O plasma treatment.

	阈值电压/V	迁移率/ $(cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1})$	亚阈值摆幅/ $(mV \cdot dec^{-1})$	开关比
Untreated	-0.5	29.12	204	1.1×10^7
Treated	0.1	51.52	137	2.3×10^7

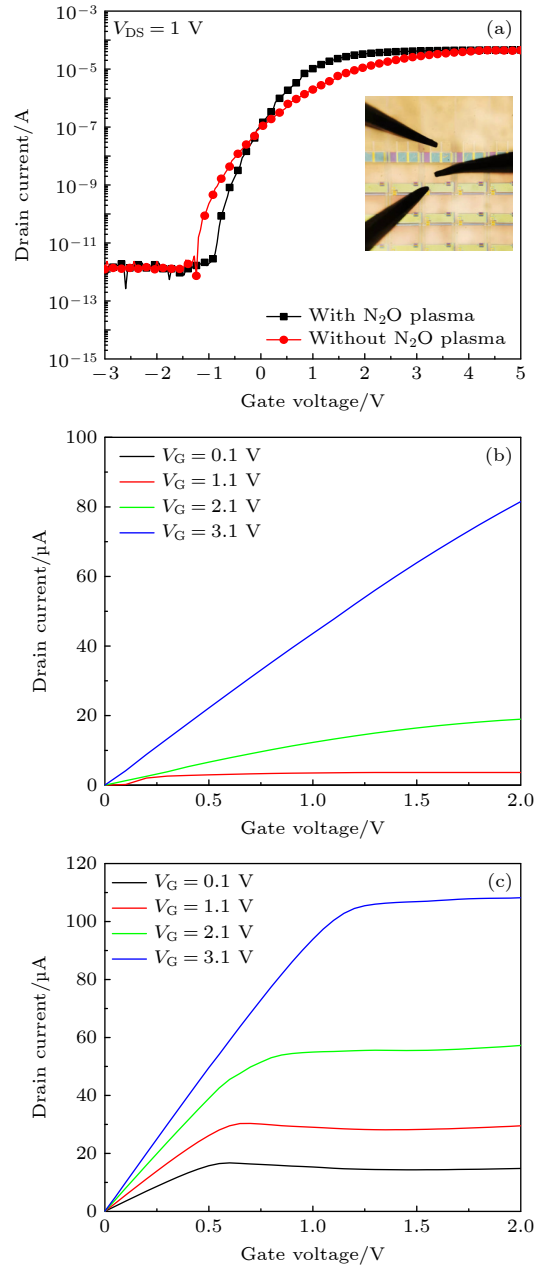


图 3 (a) 有无 N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 转移曲线; (b) 无处理的 IZTO TFT 输出曲线; (c) N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 输出曲线

Fig. 3. (a) Transfer characteristics of an IZTO TFT without and with N_2O plasma treatment; output characteristics of an IZTO TFT (b) without and (c) with N_2O plasma treatment.

沟道的损坏,从而使得 V_{th} 正移^[29]. 迁移率的增加和 SS 的减少是由于经过 N_2O 等离子体处理的 IZTO 薄膜缺陷态密度减少,较高的金属键密度和较低的缺陷会使得电子通过重叠金属 s 轨道时具有更好的电子传导路径^[30]. 图 3(b) 和图 3(c) 给出了有无 N_2O 等离子体处理 IZTO TFT 的输出特性曲线. 经 N_2O 等离子体处理和无处理的 IZTO TFT 的饱和电流分别 110 和 82 μA , 可见经过处理后的 IZTO TFT 表现出更高的电流水平. 在较低栅极电压范围内, 都表现为线性关系, 电流也没发生阻塞现象, 这说明 IZTO TFT 的有源层 IZTO 和源漏电极间均形成良好的欧姆接触^[24].

为了分析有无 N_2O 等离子体处理的 IZTO 薄膜中氧相关化学位移的变化, 进行了 O 1s XPS 分析, 其化学位移如图 4 所示. 以碳 1s 峰 (284.6 eV) 对 XPS 谱进行校准, 对数据进行高斯拟合, 可以将其分解为 3 个峰, 对应的能级分别约为 529.9, 531.2 和 531.8 eV. 位于 529.9 eV 附近的峰为金属氧化物键, 位于 531.2 eV 附近的峰为与晶格缺陷有关的氧原子, 位于 531.8 eV 附近的峰为与金属氢氧化物等有关的氧原子^[31]. 可以看出, 经过 N_2O 等离子体处理后, 金属氧化物键的峰强度从 47.17% 增加到 57.79%, 氧空位的峰强度从 27.42% 降低到 19.43%. 这些结果表明, N_2O 等离子体处理可以在背沟道附近形成富氧区域, 使得氧相关缺陷减少, 同时富氧区的形成也可以有效地防止 SiO_2 沉积过程中造成的损坏, 并产生更好的电性能.

图 5(a) 和图 5(c) 分别为有无 N_2O 等离子体处理后 IZTO TFT 在 10000 lux (LED 背光源) 光照下施加 $V_{GS} = +5 V$ 的偏压测试, 测试时间为 3600 s. 随着光照时间的增加, 在光照正偏压 (positive bias illumination stress, PBIS) 下 V_{th} 发生正向偏移, 分别偏移了 0.04 和 0.02 V, 这基本没有发生漂移, 主要是因为光照下, 氧空位 (V_O) 会电离产生电子, 在去除光照后, 这些电子不会完全和电离态的 V_O 复合, 留在导带上, 弥补了被界面捕获的电子^[32]. 图 5(b) 和图 5(d) 为有无 N_2O 表面等离子体处理后 IZTO TFT 在 NBIS 下的稳定性, 无 N_2O 等离子体处理的 IZTO TFT 在 NBIS 下 V_{th} 逐渐向负方向移动, 3600 s 后偏移了 0.3 V, 如图 5(e) 所示. 在之前的报告中, NBIS 诱导的 V_{th} 偏移主要是在光照下, 使得中性态的 V_O 电离 ($V_O \rightarrow V_O^{2+} / V_O^{2+}$)^[33], IZTO 薄膜中电离态的氧空位在负偏压作用下移

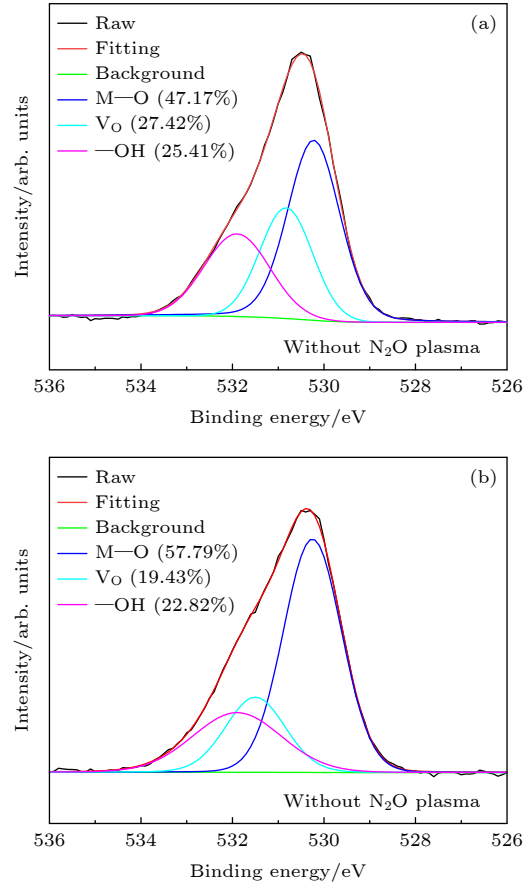


图 4 IZTO 薄膜 O 1s XPS 图谱 (a) 无处理; (b) N_2O 等离子体处理
Fig. 4. XPS of O 1s spectra on the surface of IZTO film (a) without and (b) with N_2O plasma treatment.

动到 IZTO/HAO 界面处, 使得 V_{th} 发生负漂. 在 N_2O 表面等离子体处理后, ΔV_{th} 降低到 0.1 V, 表明 N_2O 有助于减少 V_O^+ / V_O^{2+} 的形成, 图 5(f) 为经过 N_2O 表面等离子体处理后的 IZTO 薄膜的能带图, 经过 N_2O 表面等离子体处理后表面处于富氧状态, 氧原子填充了氧空位, 降低了中性 V_O 的密度. 为了更好地理解 N_2O 等离子体处理对 IZTO 表面的影响, 我们制作了一个示意图, 如图 6 所示. 在 N_2O 表面处理之后, 氧空位被氧自由基钝化, 从而形成更多的金属键, 使得 IZTO 薄膜表面更加致密, 从而使得 IZTO TFT 表现出了较好的稳定性, 这表明对 IZTO 有源层表面进行 N_2O 表面等离子体处理可以改善 IZTO TFT 的光致不稳定.

阵列中各个器件的负偏压光照稳定性对显示至关重要, 为此, 对各个位置测试了负偏压光照稳定性, 分别为阵列左上、右上、左下和右下的器件, 光照负偏压稳定性如图 7 所示. 经过 3600 s 负偏压光照稳定性测试之后, 阈值电压分别漂移了

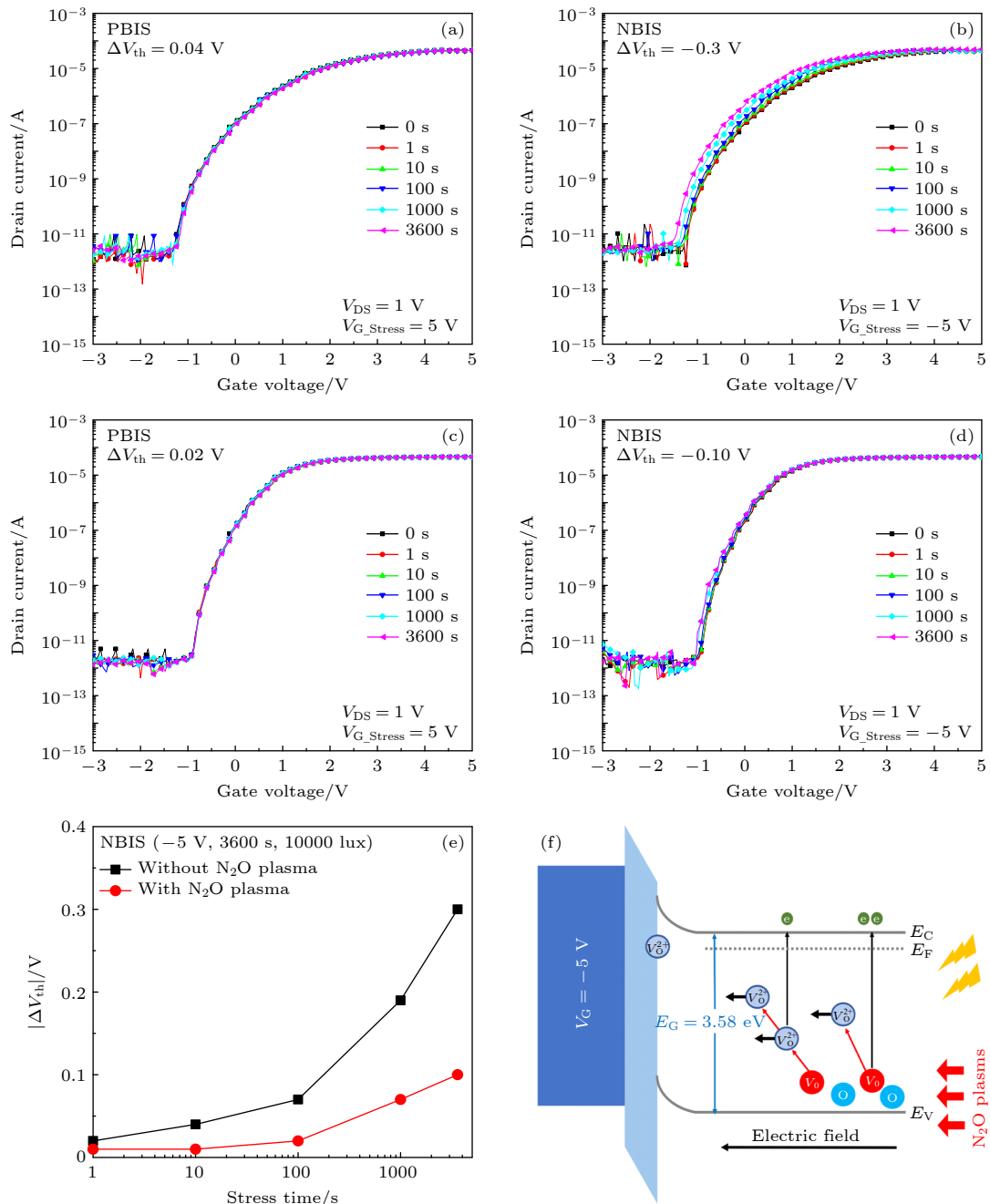


图 5 IZTO TFT 的 PBIS 和 NBIS 稳定性 (a) 和 (b) 为无处理, (c) 和 (d) 为 N_2O 等离子体处理; (e) 阈值电压随偏压时间的变化; (f) N_2O 等离子体处理后 IZTO TFT 的能带图示意图

Fig. 5. Stability for IZTO TFT: Stability of (a) untreated and (c) treated PBIS; stability of (b) untreated and (d) treated NBIS; (e) plots of voltage shift versus time; (f) band diagram of IZTO TFT with N_2O plasma treatment.

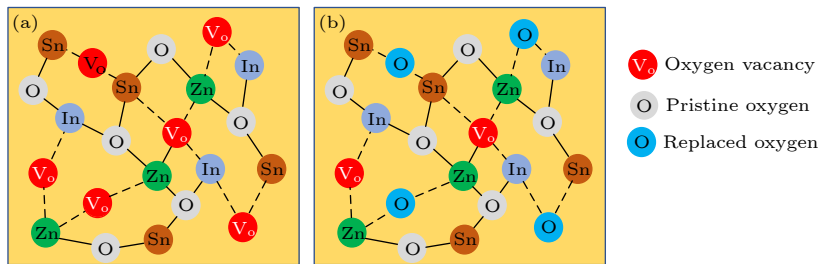


图 6 IZTO 薄膜的原子模型 (a) 无处理; (b) N_2O 等离子体处理

Fig. 6. Atomic model of the IZTO film (a) without and (b) with N_2O plasma treatment.

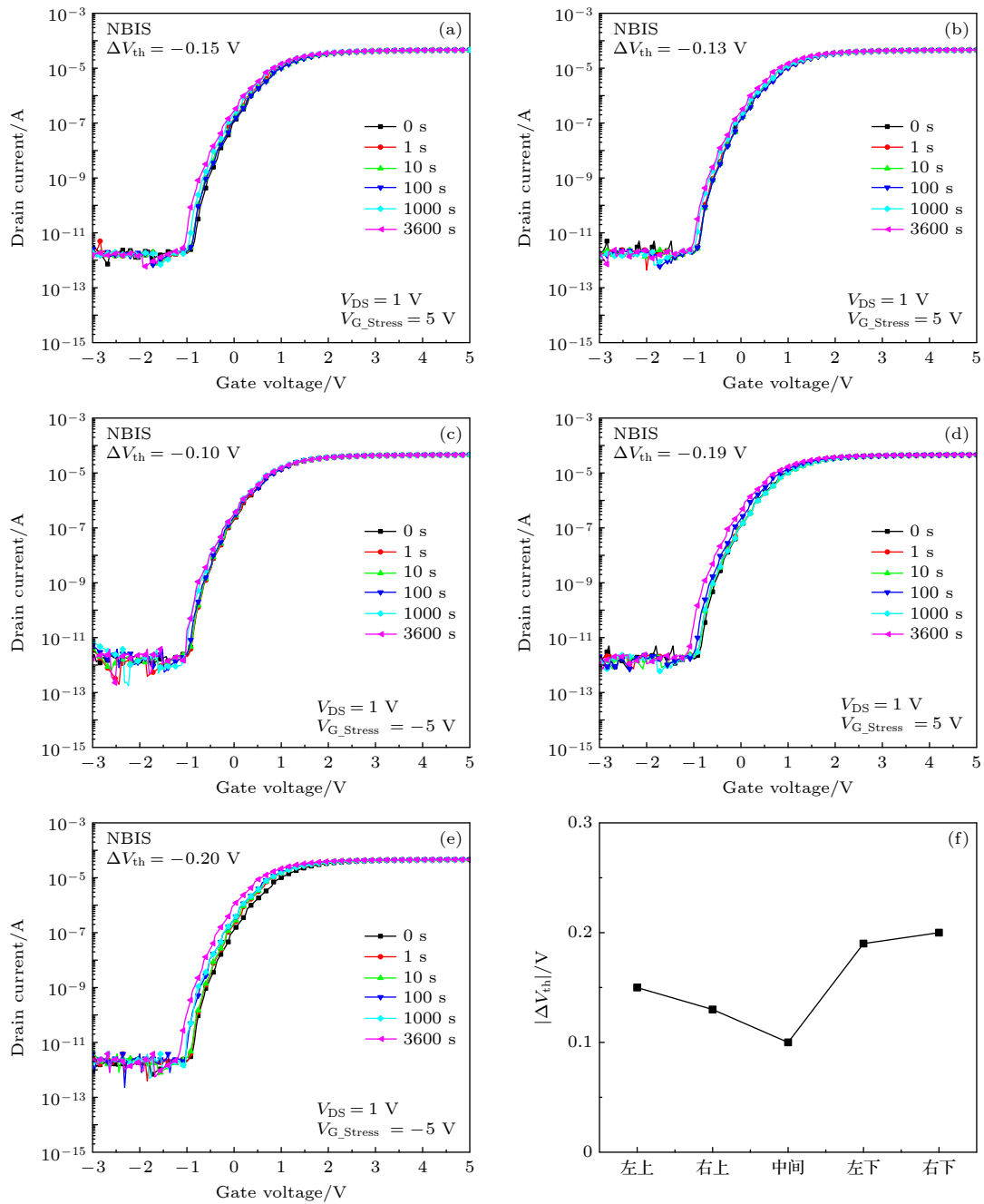


图 7 阵列中各个位置器件负偏压光照稳定性分布 (a) 左上; (b) 右上; (c) 中间; (d) 左下; (e) 右下; (f) 阵列整体负偏压光照稳定性
 Fig. 7. Illumination stability distribution of devices under negative bias in the array: (a) Top-left; (b) top-right; (c) middle; (d) bottom-left; (e) bottom-right; (f) the negative bias illumination stress stability of the array.

-0.15, -0.13, -0.19 和 -0.2 V, 符合负偏压光照稳定性小于 0.2 V 的条件, 满足目前显示的要求. 中间器件相对周围器件稳定性较好的原因是, 在旋涂 IZTO 薄膜的时候, 外围的厚度均匀性没有中间的好, 在固化薄膜过程中, 其表面可能引入更多的缺陷态.

同时, 为了评估像素阵列中器件的性能均匀

性, 按照一定分布选取了 20 个器件进行了转移曲线测试, 从中提取了相关电学参数, 如图 8 所示. 经 N_2O 等离子体处理的器件迁移率平均值为 $(50.75 \pm 5.06) \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 亚阈值摆幅为 $(141.2 \pm 14.16) \text{ mV} \cdot \text{dec}^{-1}$, 无处理的器件迁移率平均值为 $(27.25 \pm 5.29) \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 亚阈值摆幅为 $(218.9 \pm 16.42) \text{ mV} \cdot \text{dec}^{-1}$.

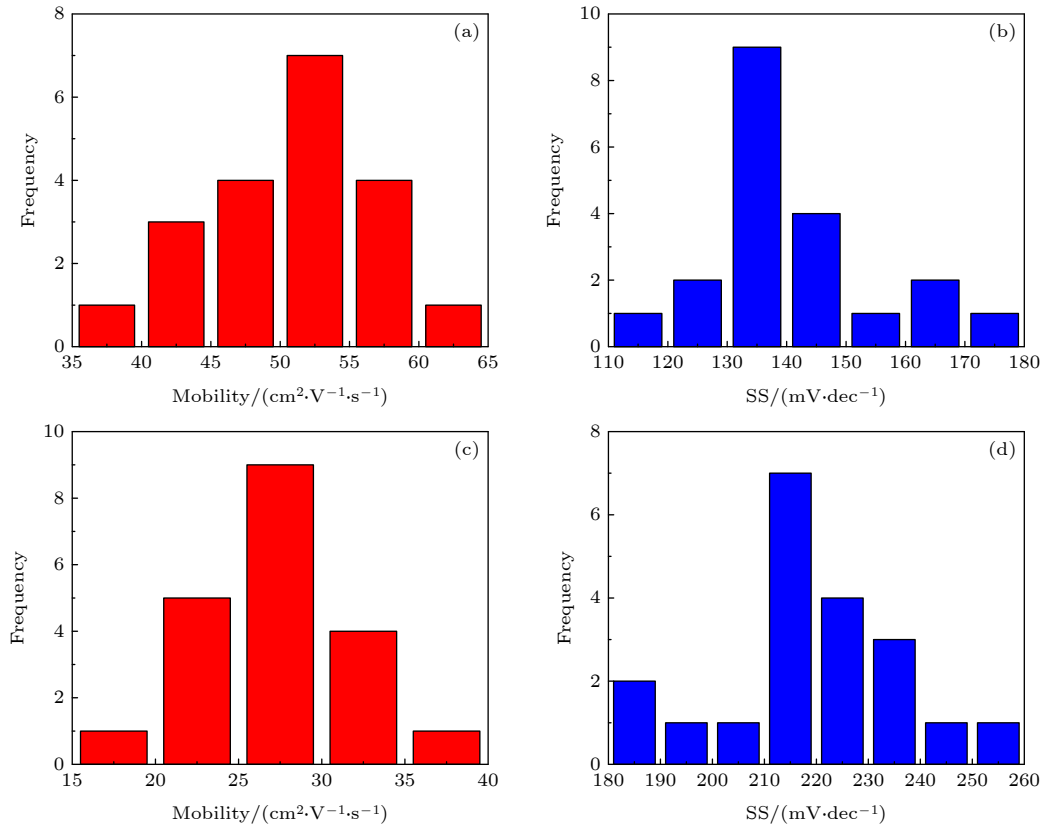


图 8 20 个器件迁移率和亚阈值摆幅分布 (a), (b) N₂O 等离子体处理; (c), (d) 无处理

Fig. 8. Histogram of threshold voltage and mobility for the IZTO TFTs: (a), (b) With N₂O plasma treatment; (c), (d) without N₂O plasma treatment. The data are collected from 20 TFTs.

4 结 论

本文采用溶液法制备了高光照负偏压像素极 IZTO TFT, 并研究了其光照负偏压稳定性. 对比了 N₂O 等离子体处理与未处理的器件性能, IZTO TFT 的开关电流比为 2.3×10^7 、阈值电压为 0.1 V、亚阈值摆幅为 $137 \text{ mV} \cdot \text{dec}^{-1}$ 、饱和迁移率为 $51.52 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 且光照负偏压稳定性低于 0.2 V. 器件的优异性能主要是由于等离子处理后 IZTO 薄膜表面变得更加光滑, 表面氧相关缺陷态降低, M—O 键的密度增加. 结果表明, 制备的 4.5 英寸的 IZTO TFT 像素阵列满足显示驱动需求.

参考文献

[1] Saito N, Ueda T, Tezuka T, Ikeda K 2018 *IEEE J. Electron Devices Soc.* **6** 1253
 [2] Nomura K, Ohta H, Takagi A, Kamiya T, Hirano M, Hosono H 2004 *Nature* **432** 488
 [3] Kim J, Park J, Yoon G, Khushabu A, Kim J S, Pae S, Cho E C, Yi J 2020 *Mater. Sci. Semicond. Process.* **120** 105264
 [4] Karteri İ, Karataş Ş, Al-Ghamdi A A, Yakuphanoglu F 2015

Synth. Met. **199** 241
 [5] Liu X Q, Wang J L, Liao C N, Xiao X H, Guo S S, Jiang C Z, Fan Z Y, Wang T, Chen X S, Lu W, Hu W D, Liao L 2014 *Adv. Mater.* **26** 7399
 [6] Liu L C, Chen J S, Jeng J S 2014 *Appl. Phys. Lett.* **105** 023509
 [7] Kim M, Jeong J H, Lee H J, Ahn T K, Shin H S, Park J S, Jeong J K, Mo Y G, Kim H D 2007 *Appl. Phys. Lett.* **90** 212114
 [8] Xu H, Lan L, Xu M, Zou J, Wang L, Wang D, Peng J 2011 *Appl. Phys. Lett.* **99** 253501
 [9] Xu Y L, Li X F, Zhu L Y, Zhang J H 2016 *Mater. Sci. Semicond. Process.* **46** 23
 [10] Cho S H, Ko J B, Ryu M K, Yang J H, Yeom H I, Lim S K, Hwang C S, Park S H K 2015 *IEEE Trans. Electron Devices* **62** 3653
 [11] Yang J H, Choi J H, Cho S H, Pi J E, Kim H O, Hwang C S, Park K, Yoo S 2018 *IEEE Electron Device Lett.* **39** 508
 [12] Zhao M J, Zhang Z W, Xu Y C, Xu D S, Zhang J Y, Huang Z C 2020 *Phys. Status Solidi A* **217** 1900773
 [13] Li Z Y, Yang H Z, Chen S C, Lu Y B, Xin Y Q, Yang T L, Sun H 2018 *J. Phys. D:Appl. Phys.* **51** 175101
 [14] Cathleen A H, Gaillard J F, Kenneth R P 2010 *J. Solid State Chem.* **183** 761
 [15] Jeong J K, Jeong J H, Yang H W, Park J S, Mo Y G, Kim H D 2007 *Appl. Phys. Lett.* **91** 113505
 [16] Chong E, Jo K C, Lee S Y 2010 *Appl. Phys. Lett.* **96** 152102
 [17] Ye Z Z, Yue S L, Zhang J, Li X F, Chen L X, Lu J G 2016 *IEEE Trans. Electron Devices* **63** 3547

- [18] Jhu J C, Chang T C, Chang G W, Tai Y H, Tsai W W, Chiang W J, Yan J Y 2013 *J. Appl. Phys.* **114** 204501
- [19] Lu R K, Lu J G, Wei X S, Yue S L, Li S Q, Lu B J, Zhao Y, Zhu L P, Chen L X, Ye Z Z 2020 *Adv. Electron. Mater.* **6** 2000233
- [20] Umeda K, Miyasako T, Sugiyama A, Tanaka A, Suzuki M, Tokumitsu E, Shimoda T 2013 *J. Appl. Phys.* **113** 184509
- [21] Hsieh T Y, Chang T C, Chen T C, Tsai M Y, Lu W H, Chen S C, Jian F Y, Lin C S 2011 *Thin Solid Films* **520** 1427
- [22] Pan C C, Yang S B, Chen L L, Shi J F, Sun X, Li X F, Zhang J H 2020 *IEEE J. Electron Devices Soc.* **8** 524
- [23] Xu W X, Hu L Y, Zhao C, Zhang L J, Zhu D L, Cao P J, Liu W J, Han S, Liu X K, Jia F, Zeng Y X, Lu Y M 2018 *Appl. Surf. Sci.* **455** 554
- [24] Mude N N, Bukke R N, Saha J K, Avis C, Jang J 2019 *Adv. Electron. Mater.* **5** 1900768
- [25] Zhang Q, Xia G D, Li L B, Xia W W, Gong H Y, Wang S M 2019 *Curr. Appl. Phys.* **19** 174
- [26] Hsu C C, Chou C H, Chen Y T, Jhang W C 2019 *IEEE Trans. Electron Devices* **66** 2631
- [27] Lee C G, Dodabalapur A 2012 *J. Electron. Mater.* **41** 895
- [28] Ohara H, Sasaki T, Noda K, Ito S, Sasaki M, Endo Y, Yoshitomi S, Sakata J, Serikawa T, Yamazaki S 2010 *Jpn. J. Appl. Phys.* **49** 03cd02
- [29] Park J, Kim S, Kim C, Kim S, Song I, Yin H, Kim K K, Lee S, Hong K, Lee J, Jung J, Lee E, Kwon K W, Park Y 2008 *Appl. Phys. Lett.* **93** 053505
- [30] Bukke R N, Avis C, Jang J 2016 *IEEE Electron Device Lett.* **37** 433
- [31] Biswas P K, De A, Dua L K, Chkoda L 2006 *Indian Acad. Sci.* **29** 323
- [32] Chen T C, Chang T C, Hsieh T Y, Tsai C T, Chen S C, Lin C S, Jian F Y, Tsai M Y 2011 *Thin Solid Films* **520** 1422
- [33] Chowdhury H M D, Migliorato P, Jang J 2013 *Appl. Phys. Lett.* **102** 143506

Sol-gel indium-zinc-tin-oxide thin film transistor pixel array with superior stability under negative bias illumination stress*

Jing Bin ¹⁾²⁾ Xu Meng ²⁾ Peng Cong ²⁾ Chen Long-Long ²⁾

Zhang Jian-Hua ²⁾ Li Xi-Feng ^{2)†}

1) (School of Materials Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

2) (Key Laboratory of Advanced Display and System Applications of Ministry of Education, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

(Received 21 January 2022; revised manuscript received 23 March 2022)

Abstract

In this paper, we fabricate a back channel etched structure thin film transistor (TFT) pixel array with hafnium-aluminum oxide dielectric and indium-zinc-tin-oxide (IZTO) semiconductor using a solution process. The electrical characteristics of IZTO TFT are modified by N₂O plasma treatment. In comparison with the subthreshold swing and saturation mobility of the device untreated by plasma, the subthreshold swing decreases from 204 to 137 mV·dec⁻¹, and the saturation mobility increases from 29.12 to 51.52 cm²·V⁻¹·s⁻¹. Improvement in the mobility and the subthreshold swing (SS) demonstrate that interface states may be passivated by reactive O radicals that are generated by N₂O plasma, which is confirmed by the result of X-ray photoelectron spectrum analysis. In addition, the stability of negative bias illumination stress (NBIS) shift is only 0.1V for 3600 s with an illumination intensity of 10000 lux. This result indicates that its superior stability meets the requirements for the display driver. Therefore, N₂O plasma treatment is verified to be an effective method to improve device performance and light stability for IZTO TFT pixel array.

Keywords: solution process, TFT pixel array, N₂O plasma, negative bias illumination stress

PACS: 85.30.Tv, 81.05.Gc, 77.22.Ch

DOI: 10.7498/aps.71.20220154

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 62174105, 61674101), the Program of Academic/Technology Research Leader of Shanghai, China (Grant No. 18XD1424400), the Shanghai Education Development Foundation and Shanghai Municipal Education Commission, CHina (Grant No. 18SSG38).

† Corresponding author. E-mail: lixifeng@shu.edu.cn