

# 光电工程

## Opto-Electronic Engineering

中文核心期刊 中国科技核心期刊  
Scopus CSCD

### 有源层溅射工艺及后退火温度对IZO TFT电性能的影响

王聪, 丁有坤, 刘玉荣

#### 引用本文:

王聪, 丁有坤, 刘玉荣. 有源层溅射工艺及后退火温度对IZO TFT电性能的影响[J]. *光电工程*, 2024, 51(6): 240077.

Wang C, Ding Y K, Liu Y R. The influence of active layer sputtering process and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT[J]. *Opto-Electron Eng*, 2024, 51(6): 240077.

<https://doi.org/10.12086/oe.2024.240077>

收稿日期: 2024-03-28; 修改日期: 2024-05-14; 录用日期: 2024-05-16

### 相关论文

#### Photo-driven fin field-effect transistors

Jintao Fu, Chongqian Leng, Rui Ma, Changbin Nie, Feiying Sun, Genglin Li, Xingzhan Wei  
*Opto-Electronic Science* 2024, 3(5): 230046 doi: [10.29026/oes.2024.230046](https://doi.org/10.29026/oes.2024.230046)

#### 非晶氧化镓基日盲紫外探测器的研究进展

肖演, 杨斯铄, 程凌云, 周游, 钱凌轩  
*光电工程* 2023, 50(6): 230005 doi: [10.12086/oe.2023.230005](https://doi.org/10.12086/oe.2023.230005)

更多相关论文见光电期刊集群网站 



<http://cn.ojournal.org/oe>



 OE\_Journal



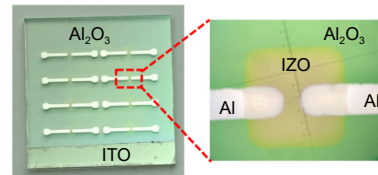
Website

DOI: 10.12086/oe.2024.240077

## 有源层溅射工艺及后退火温度对 IZO TFT 电性能的影响

王聪<sup>1,3</sup>, 丁有坤<sup>2</sup>, 刘玉荣<sup>2\*</sup><sup>1</sup>汕尾市海洋产业研究院博士后科研工作站, 广东 汕尾 516600;<sup>2</sup>华南理工大学微电子学院, 广东 广州 510640;<sup>3</sup>汕尾职业技术学院工程学院, 广东 汕尾 516600

**摘要:** 为了提高氧化物薄膜晶体管的器件性能, 以掺 In 氧化锌 (IZO) 为有源层, 原子层沉积法 (ALD) 沉积的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜为栅介质, 制备了基于 IZO 的薄膜晶体管 (IZO TFT), 研究了 IZO 薄膜制备工艺中溅射气体氩氧流量比、溅射压强和后退火温度等工艺参数对 TFT 器件电学性能的影响。结果表明, 在恰当的氩氧比和反应气压以及相对较高的退火温度下制备的 IZO TFT 具有良好的电学特性, 当氩氧流量比为 60:20 sccm、溅射压强为 0.5 Pa、空气气氛中以 250 °C 退火 1 h 后, IZO TFT 器件的整体电学特性表现较优, 其迁移率高达  $31 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ , 开关电流比大于  $10^8$ 。相对过低或过高的氩氧比会导致 IZO 有源层中氧空位含量过低或过高, 从而降低 TFT 器件性能。过低的退火温度不足以使栅介质的 Al-OH 转变成 Al-O 以及空气中的氧扩散进入 IZO 体内钝化氧空位, 因此器件性能较差。

**关键词:** 镉锌氧化物; 薄膜晶体管; 工艺参数; 电性能**中图分类号:** TN321+.5**文献标志码:** A

王聪, 丁有坤, 刘玉荣. 有源层溅射工艺及后退火温度对 IZO TFT 电性能的影响 [J]. 光电工程, 2024, 51(6): 240077

Wang C, Ding Y K, Liu Y R. The influence of active layer sputtering process and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT[J]. *Opto-Electron Eng*, 2024, 51(6): 240077

## The influence of active layer sputtering process and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT

Wang Cong<sup>1,3</sup>, Ding Youkun<sup>2</sup>, Liu Yurong<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Post-Doctoral Research Station, Shanwei Marine Industry Institute, Shanwei, Guangdong 516600, China;<sup>2</sup> School of Microelectronics, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China;<sup>3</sup> School of Engineering, Shanwei Institute of Technology, Shanwei, Guangdong 516600, China

**Abstract:** In order to improve the electrical performance of oxide thin film transistors, In-doped ZnO thin film transistors (IZO TFT) were prepared by using a sputtered IZO thin film as the active layer and an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  thin film deposited by atomic layer deposition (ALD) as the gate dielectric layer. The effects of the ratio of argon and oxygen, sputtering gas pressure, and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT were investigated

收稿日期: 2024-03-28; 修回日期: 2024-05-14; 录用日期: 2024-05-16

基金项目: 广东省普通高校重点领域专项 (新一代信息技术) (2020ZDZX3125); 国家自然科学基金资助项目 (61871195); 广东省基础与应用基础研究基金项目 (2024A1515011719)

\*通信作者: 刘玉荣, phlyr@scut.edu.cn

版权所有©2024 中国科学院光电技术研究所

during the IZO film preparation process. The results indicated that the IZO TFT, which was prepared at the appropriate argon-oxygen ratio and reaction pressure under relatively high annealing temperatures, shows excellent electrical characteristics. When the argon oxygen flow rate ratio was 60:20 sccm, the sputtering gas pressure was 0.5 Pa, and the air annealing temperature and time were 250 °C and 1 hour, respectively. The electrical properties of the IZO TFT were relatively better with a carrier saturation mobility of 31 cm<sup>2</sup>/(V·s) and a high on-off current ratio of 10<sup>8</sup>. A relatively too-low or too-high argon-oxygen ratio could cause too-low or too-high oxygen vacancies in the active layer of IZO, thus reducing TFT device performance. The low annealing temperature couldn't transform the Al-OH bonds in the gate dielectric layer into Al-O bonds, and was difficult for oxygen in the air to diffuse into IZO and passivate oxygen vacancies, thus leading to poor device performance.

**Keywords:** indium zinc oxide; thin film transistor; process parameters; electrical performance

## 1 引言

镉氧化物薄膜晶体管 (Indium-zinc oxide thin film transistor, IZO TFT) 作为金属氧化物薄膜晶体管的典型代表, 在开关电流特性、场效应迁移率、光透率、均匀性、稳定性、制备工艺温度要求等方面具备优越的性能, 在集成柔性传感器、平板显示技术等方面得到了广泛的研究和应用<sup>[1-3]</sup>。但 IZO TFT 的有源层较容易受到外界环境因素的影响, 从而影响 IZO TFT 器件, 使之出现转移特性曲线、阈值电压漂移等电性能退化。IZO TFT 器件电性能主要通过沟道掺杂、氧化退火处理、氮化、氟化、背沟道钝化等制备工艺进行优化提升<sup>[4-6]</sup>, 其中氧化退火处理方面, Park 等人<sup>[7]</sup>将 IZO TFT 置于高压氧气氛围中进行退火处理, 有效降低了器件的有源层 (IZO) 中的氧空位含量, 器件在负栅偏压应力作用下, 其阈值电压在负栅电压方向的漂移非常稳定; Moon 等人<sup>[8]</sup>通过对镉氧化物薄膜晶体管进行氧氛围等离子体处理, 器件的栅介质与沟道界面处的缺陷密度得到降低, 使得器件的栅偏压应力稳定性有较明显的提升; Li 等人<sup>[9]</sup>将镉氧化物薄膜晶体管依次置于氧气氛围和氮气氛围中进行退火处理, 使器件的电学稳定性得到了有效的提高;

刘江安等人<sup>[10]</sup>研究了 IZO、IGZO 薄膜分别经 200 °C、400 °C、600 °C 退火处理对薄膜性能的影响, 研究表明退火工艺可有效降低薄膜中氧空位浓度, 对薄膜的性能有较大影响。文献报道中关于氧化铝栅介质层镉氧化物薄膜晶体管受制备工艺参数影响的研究, 往往仅就某一制备工艺参数进行研究, 且针对适应柔性电子应用需求的低温 (≤300 °C) 退火工艺参数的研究较少。本文以原子沉积法沉积 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作为栅介质层, 溅射 IZO 薄膜作为半导体有源层, 制备了 IZO TFT 器件, 研究了制备过程中溅射气体的氩氧流量比 (Ar/O<sub>2</sub>)、溅射压强、退火温度等制备工艺参数对 IZO TFT 器件电学性能的影响。

## 2 实验

实验中以 IZO 金属氧化物作为有源层, 以 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作为栅介质层, 制备底栅顶接触型镉氧化物薄膜晶体管。图 1 为 IZO TFT 的器件结构示意图和实物拍照图, 该器件的 IZO 有源层和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 栅介质层厚度分别约为 30 nm 和 150 nm, 沟道的宽度 ( $W$ ) 与长度 ( $L$ ) 分别为 200 μm 和 200 μm, 器件制备的主要工艺流程如图 1 所示。

首先, 将 ITO 导电玻璃衬底依次采用去离子水和

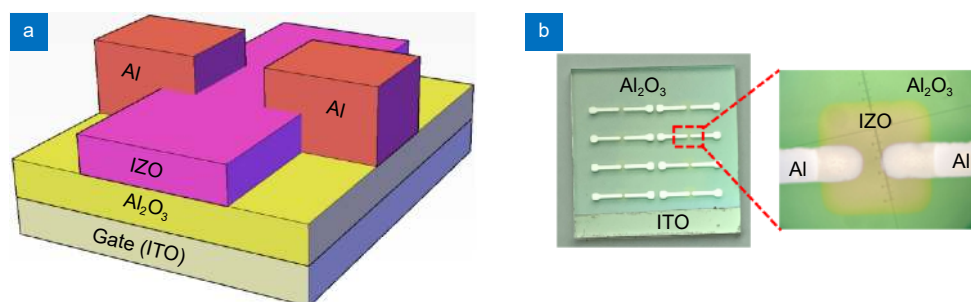


图 1 IZO TFT 器件图。(a) 结构示意图; (b) 实物拍照图

Fig. 1 Structure and physical image of the IZO TFT. (a) Structure of the IZO TFT; (b) Physical image of the IZO TFT

异丙醇溶液超声清洗, 除去固体杂质和有机物杂质, 并放入恒温烘箱中烘干; 随后, 采用 ALD 法在 ITO 玻璃衬底的表面生长一层厚度为 150 nm 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  作为器件的栅介质层; 然后, 以 IZO 金属氧化物为靶材, 采用射频 (RF) 磁控溅射法沉积厚约 30 nm 的 IZO 有源层; 之后, 以高纯金属铝为靶材, 采用直流溅射工艺沉积源 (S)/漏 (D) 电极; 最后, 将制备得到的 IZO TFT 器件放在加热平台上并在空气氛围中进行不同温度的退火处理。TFT 器件的有源层和源/漏电极的图形通过溅射时所用硬掩模板图形确定。实验中采用 JGP-560b 型双室溅射系统溅射 IZO 金属氧化物薄膜; 使用 Picosun200 型原子层沉积系统制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜; 使用 Kw-4ah-600 型退火加热平台对 IZO TFT 器件进行后退火工艺处理; 利用 Keysight B1500A 型测试系统测试 IZO TFT 的电学特性。

### 3 结果与讨论

图 2(a) 给出了 IZO TFT 器件有源层 IZO 薄膜经 250 °C 退火后的 AFM 表面形貌图, 由该图可分析出

IZO 薄膜表面的均方根粗糙度为 0.26 nm, 可见有源层 IZO 薄膜表面相对光滑。图 2(b) 给出了有源层 IZO 薄膜不同退火温度下的 XRD 图谱, 由该图谱可见图中仅有承载 IZO 薄膜的玻璃基片的驼峰, IZO 相关的结晶峰均未表现出来, 表明退火温度低于 300 °C 时, IZO 薄膜皆为非晶结构。

图 3 给出了 IZO TFT 器件一般情况下的转移特性和输出特性曲线, 该器件的 IZO 有源层是在氩氧流量比为 60:20 sccm 下溅射而得, IZO TFT 后退火条件为空气气氛 250 °C 退火 1 h。由图 3(a) 可见, 当  $V_{gs}$  小于 0 V 时, IZO TFT 器件处于截止状态, 且漏极电流非常小; 当  $V_{gs}$  大于 0 V 时, IZO TFT 器件的漏电流随正栅压的增大而持续增加, 表明该器件为 N 型半导体晶体管器件, 且该器件漏电流与源漏电压的饱和和夹断特性表现较好; 当  $V_{ds}$  为 0 V 附近时, IZO TFT 器件的输出特性曲线漏电流区分比较明显, 无拥挤现象, 表明该器件的沟道与源、漏电极之间形成的欧姆接触表现良好, 同时该器件的饱和行为、栅压控能力等晶体管基本特性均表现较好。

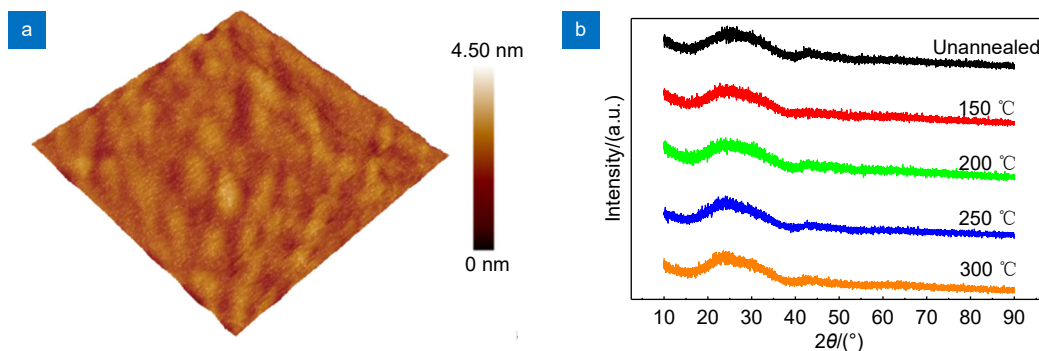


图 2 IZO 薄膜的 AFM 图和 XRD 图。(a) AFM 图; (b) XRD 图

Fig. 2 AFM and XRD images of the IZO thin films. (a) AFM; (b) XRD

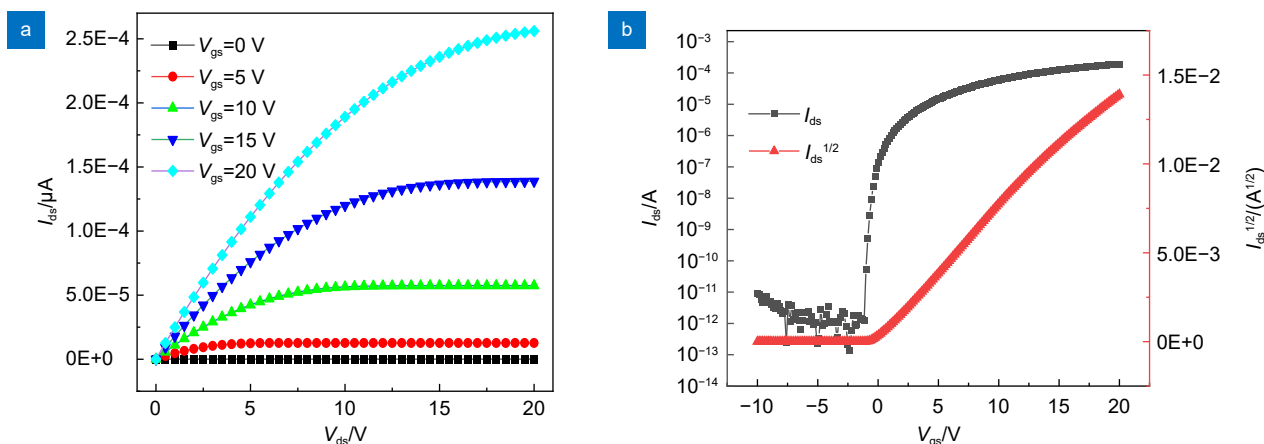


图 3 典型 IZO TFT 电学特性。(a) 输出特性; (b) 转移特性

Fig. 3 Electrical properties of a type IZO TFT. (a) Output characteristics; (b) Transfer characteristics

当薄膜晶体管处于饱和和工作状态时, 器件的饱和电流  $I_{D,sat}$  可按式 (1) 的关系计算<sup>[11]</sup>, 式中  $V_{th}$  为阈值电压,  $\mu_{sat}$  为饱和场效应迁移率。为方便计算薄膜晶体管的阈值电压  $V_{th}$  和饱和场效应迁移率  $\mu_{sat}$ , 图 3(b) 给出了器件  $V_{gs}$  与  $I_{D,sat}^{1/2}$  的曲线关系,  $\mu_{sat}$  可通过式 (2) 计算得到, 式中  $B$  为  $I_{D,sat}^{1/2}$  与  $V_{gs}$  关系曲线中饱和区的曲线斜率 ( $B = \partial(I_{D,sat})^{1/2} / \partial V_{gs}$ )。

$$I_{D,sat} = \frac{W}{2L} \mu_{sat} C_{ox} (V_{gs} - V_{th})^2, \quad (1)$$

$$\mu_{sat} = \frac{2LB^2}{WC_{ox}}. \quad (2)$$

实验测得该 IZO TFT 器件的  $Al_2O_3$  栅介质层单位面积电容  $C_{ox}$  为  $0.04 \mu F/cm^2$ , 根据式 (2) 可计算出该 IZO TFT 器件的饱和迁移率 ( $\mu_{sat}$ ) 为  $31.0 \text{ cm}^2/(V \cdot s)$ , 阈值电压 ( $V_{th}$ ) 为  $0.0 \text{ V}$ , 亚阈值摆幅 (SS) 为  $0.1 \text{ V/dec}$ , 开关电流比 ( $I_{on}/I_{off}$ ) 为  $1.7 \times 10^8$ 。

图 4(a) 给出了在不同的氩氧流量比条件下制备的 IZO TFT 器件转移特性曲线图。从该图中可见,

随着溅射气体氧流量的逐步加大, IZO TFT 器件的转移特性曲线单调地向正栅压方向移动; 且随着氧流量的增加, IZO TFT 器件的最大饱和电流呈现逐步减小的趋势; 随着氧流量增大, IZO TFT 器件关态电流呈现先减小后增大的变化趋势。

为了进一步分析溅射气体氩氧流量比对器件的电特性的影响规律及其内在机制, 图 4(b, c) 给出了 IZO TFT 器件在栅偏压应力持续作用下阈值电压 ( $V_{th}$ )、饱和场效应迁移率 ( $\mu_{sat}$ )、开关电流比 ( $I_{on}/I_{off}$ )、亚阈值摆幅 (SS) 随溅射气体氩氧流量比的变化曲线。在氩氧流量比由 60:0 sccm 增加到 60:40 sccm 的过程中, IZO TFT 器件的  $\mu_{sat}$  逐渐减小; 当氧气流量从 0 sccm 增加至 40 sccm, IZO TFT 器件的  $\mu_{sat}$  从  $47.8 \text{ cm}^2/V \cdot s$  单调地降低到  $9.8 \text{ cm}^2/V \cdot s$ , 阈值电压从  $-3.8 \text{ V}$  递增加至  $8.0 \text{ V}$ , 亚阈值摆幅从  $0.28 \text{ V/dec}$  先减小至  $0.11 \text{ V/dec}$  (当氧气流量为 20 sccm 时), 再增加至  $0.18 \text{ V/dec}$ 。随着溅射气体中氧流量逐渐增加, 阈值电压由负值逐渐变为正值, IZO TFT 器件由耗尽型变为增

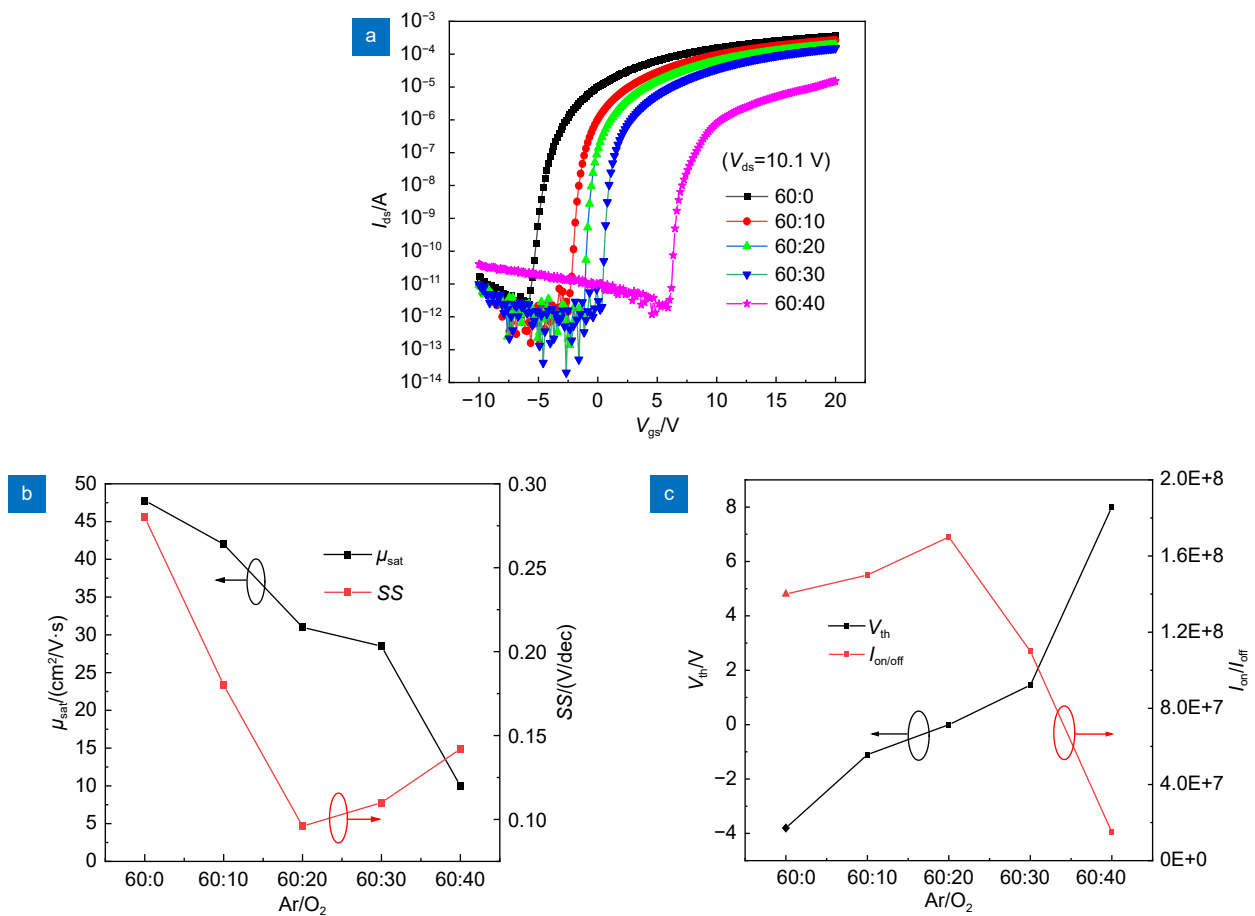


图 4 不同溅射氩氧流量比下制备的 IZO TFT 电学性能特性曲线。(a) 转移特性; (b)  $\mu_{sat}$  和 SS; (c)  $V_{th}$  和  $I_{on}/I_{off}$   
 Fig. 4 Electrical characteristics of IZO TFT prepared at different ratios of argon to oxygen gas flow. (a) Transfer characteristics; (b)  $\mu_{sat}$  and SS; (c)  $V_{th}$  and  $I_{on}/I_{off}$

强型器件, 饱和场效应迁移率逐渐减小。此变化规律与基于 IGZO TFT 器件电学性能随溅射气体氧流量变化规律相似<sup>[12]</sup>。这可以解释为, 溅射气体不含氧时, IZO 薄膜中存在大量的氧穴位, 导致 IZO 有源层中本体电子浓度较高。

为探究不同溅射气压对 IZO TFT 电性能的影响, 设定制备该器件的其他工艺条件为: 有源层的溅射功率为 100 W, 氩氧流量比为 60:20 sccm, 后退火条件为空气氛围下 250 °C 退火 1 h。图 5(a) 给出了不同溅射压强下制备 IZO TFT 的转移特性曲线, 由该图可见, 随着溅射气压的增加, IZO TFT 器件的转移特性曲线单调地向正栅压方向漂移; 且器件的最大饱和电流随着溅射气压的增加大体呈现减小的趋势; 器件关态电流的大小随着溅射气压的增加总体呈现波动减小的变化趋势。

从图 5(b) 可以看到, 随着溅射气压的增大, 器件的  $\mu_{sat}$  先明显减小后趋于稳定;  $V_{th}$  逐渐增加。这可以

解释为, 当制备 IZO TFT 器件有源层溅射气压较低时, 溅射气体中的氩离子对溅射出的金属原子的散射的概率较小, 导致到达衬底的金属原子动能较大, 沉积的 IZO 有源层薄膜的致密性较好<sup>[13]</sup>; 随着溅射气压逐步加大, 氧原子与金属原子可以更好地结合, 从而形成的 M-O 结合键更稳定, 沉积形成的 IZO 有源层薄膜中载流子浓度和氧空位缺陷态都有所下降, 进而导致了 IZO TFT 器件的  $\mu_{sat}$  下降, 同时  $V_{th}$  呈现正漂变化。

由图 5(c) 可见, 随着溅射气压的增加, 器件的 SS 先略增加后下降, 随后又反转增大的趋势;  $I_{on}/I_{off}$  则先逐渐增加而后减小。这可以解释为, 低溅射气压下高能粒子轰击沟道表面概率增加, 引起沟道与栅介质界面缺陷较多, 导致 IZO TFT 器件的 SS 较大; 随着溅射气压增加, 器件的 IZO 有源层和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 栅介质层的界面的缺陷态密度下降, 导致器件的 SS 减小,  $I_{on}/I_{off}$  增加; 当溅射气压过高时, IZO 薄膜中弱 M-O 结合键的密度增加, 弱 M-O 结合键转变为空位缺陷

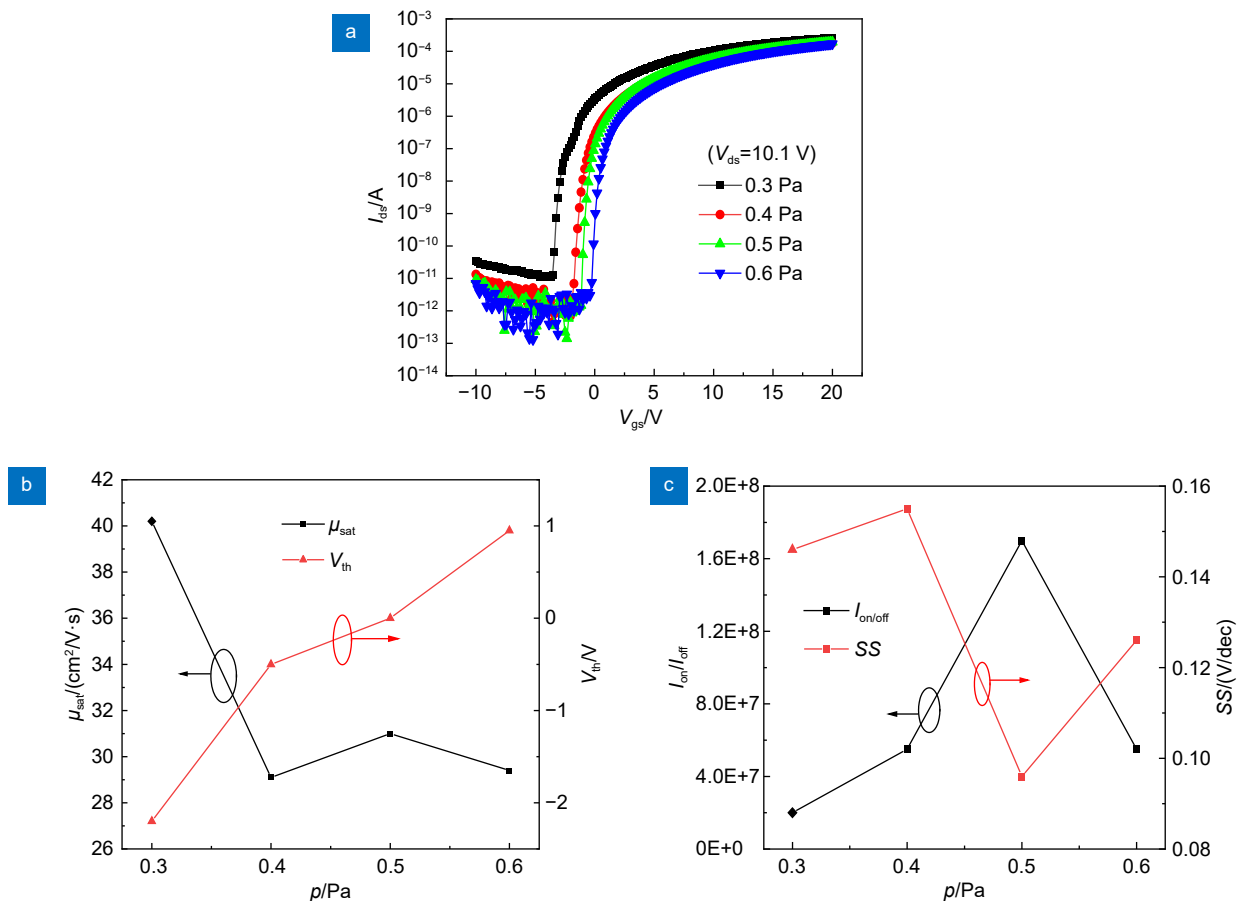


图 5 不同溅射气体压强下制备的 IZO TFT 电学性能。

(a) 转移特性; (b)  $\mu_{sat}$  和 SS; (c)  $V_{th}$  和  $I_{on}/I_{off}$

Fig. 5 Electrical characteristics of IZO TFT prepared under different sputtering gas pressures. (a) Transfer characteristics; (b)  $\mu_{sat}$  and SS; (c)  $V_{th}$  and  $I_{on}/I_{off}$

比较容易, 导致器件的 IZO 有源层薄膜中的体缺陷密度升高, 从而引起 IZO TFT 器件的 SS 增加,  $I_{on}/I_{off}$  减小。

不同溅射气压制备的 IZO TFT 器件, 电性能出现以上变化的主要原因是由于溅射气压对沉积薄膜的缺陷密度、晶粒的大小、致密性等方面的影响, 进而影响沉积薄膜的质量, 最终导致对器件性能产生影响<sup>[14]</sup>。综合比较, 当制备 IZO 有源层的溅射气压为 0.5 Pa 时, 制备得到的 IZO TFT 器件具有较优的电性能, 其  $\mu_{sat}$  为  $31 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ,  $V_{th}$  为 0 V,  $I_{on}/I_{off}$  为  $1.7 \times 10^8$ , SS 为 0.1 V/dec。

图 6 给出了 IZO TFT 器件在空气气氛中不同温度下退火 1 h 后的转移特性曲线。可以看到, IZO TFT 器件未退火或退火温度低于 200 °C 时, IZO TFT 器件均没有表现出明显的栅控特性; 当 IZO TFT 器件退火温度高于 250 °C 时, 晶体管栅控特性明显, 关态和开态清楚可见。IZO TFT 器件表现出如此明显的性能突变, 是由于室温下采用 ALD 生长的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  栅介质薄膜中存在较多的 Al-OH 键<sup>[15]</sup>, 当器件以 250 °C 或更高的温度退火处理时, Al-OH 键被转变成 Al-O 键, 提高了栅介质薄膜的质量, 从而降低了薄膜及界面的缺陷态。然而, 当退火温度低于 200 °C 及以下时, 退火温度不足以使器件薄膜中的 Al-OH 键发生转变; 另外, 空气中的氧在较低的退火温度下难以扩散进入 IZO 体内钝化氧空位, 导致 IZO 具有较高的缺陷态; 再者, 适当增加退火温度, 可提高  $\text{Al}_2\text{O}_3$  栅介质层和 IZO 有源层薄膜的致密度, 减少其体内及表面缺陷态<sup>[16-17]</sup>, 从而提高有源层载流子迁移率、增强 TFT 的栅控特性。

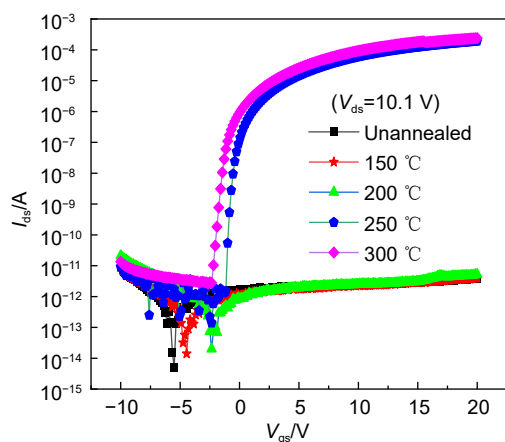


图 6 不同退火温度下 IZO TFT 的转移特性曲线

Fig. 6 Transfer characteristic curves of IZO TFT under different annealing temperatures

## 4 结论

以射频磁控溅射法制备的 IZO 薄膜作为有源层, 以原子层沉积法沉积的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜作为栅介质层, 获得了具有高开关特性、高饱和迁移率的 IZO TFT 器件。研究了 IZO 有源层沉积工艺氩氧流量比、溅射压强以及 TFT 器件的退火温度对 IZO TFT 电学性能的影响。结果表明, 在合适的氩氧流量比 (60:20 sccm)、溅射压强 (0.5 Pa) 和退火温度 (250 °C) 下制备的 IZO TFT 整体电学性能较优, 迁移率大于  $30 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , 开关电流比高于  $10^8$ 。过低或过高的氩氧流量比会导致 IZO 有源层中氧空位含量过低或过高, 从而对 TFT 性能产生不利影响; IZO TFT 退火温度对器件性能产生决定性影响, 过低的退火温度 ( $\leq 200 \text{ °C}$ ) 会导致栅介质和有源层薄膜及其界面存在较多的缺陷态, IZO TFT 未呈现栅控特性; 相对高的退火温度 ( $\geq 250 \text{ °C}$ ) 有利于提高薄膜的致密度, 降低体内及表面缺陷态, 从而获得高性能的 IZO TFT。

## 参考文献

- [1] Lan L F, Xiong N N, Xiao P, et al. Enhancement of bias and illumination stability in thin-film transistors by doping InZnO with wide-band-gap  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ [J]. *Appl Phys Lett*, 2013, **102**(24): 242102.
- [2] Zhao H L, Tarsoly G, Shan F, et al. Impact of pre-annealing process on electrical properties and stability of indium zinc oxide thin-film transistors[J]. *Sci Rep*, 2022, **12**(1): 19497.
- [3] Li H C, Liu Y R, GENG K W, et al. Temperature dependence of the electrical characteristics of ZnO thin film transistor with high-k NbLaO gate dielectric[J]. *J Vac Sci Technol B*, 2021, **39**(1): 012202.
- [4] Lu L, Xia Z H, Li J P, et al. A comparative study on fluorination and oxidation of Indium-Gallium-Zinc oxide thin-film transistors[J]. *IEEE Electron Device Lett*, 2018, **39**(2): 196-199.
- [5] Seo J S, Jeon J H, Hwang Y H, et al. Solution-processed flexible fluorine-doped indium zinc oxide thin-film transistors fabricated on plastic film at low temperature[J]. *Sci Rep*, 2013, **3**: 2085.
- [6] Heo K J, Tarsoly G, Lee J Y, et al. Improved electrical and temporal stability of In-Zn oxide semiconductor thin-film transistors with organic passivation layer[J]. *IEEE J Electron Devices Soc*, 2022, **10**: 660-665.
- [7] Park S Y, Song J H, Lee C K, et al. Improvement in photo-bias stability of high-mobility indium zinc oxide thin-film transistors by oxygen high-pressure annealing[J]. *IEEE Electron Device Lett*, 2013, **34**(7): 894-896.
- [8] Moon Y K, Lee S, Kim W S, et al. Improvement in the bias stability of amorphous indium gallium zinc oxide thin-film transistors using an  $\text{O}_2$  plasma-treated insulator[J]. *Appl Phys Lett*, 2009, **95**(1): 013507.

- [9] Li M, Lan L F, Xu M, et al. Performance improvement of oxide thin-film transistors with a two-step-annealing method[J]. *Solid-State Electron*, 2014, **91**: 9–12.
- [10] Liu J A. The preparation and study of indium gallium zinc oxide and indium zinc oxide targets[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2021: 89–103.  
<https://doi.org/10.27157/d.cnki.ghzku.2021.006292>.  
刘江安. 铟镓锌氧化物与铟锌氧化物靶材的制备及性能研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2021: 89–103.  
<https://doi.org/10.27157/d.cnki.ghzku.2021.006292>.
- [11] Wang C, Liu Y R. Temperature dependence of the electrical characteristics of ZnO thin film transistors[J]. *Opto-Electron Eng*, 2016, **43**(2): 50–54,61.  
王聪, 刘玉荣. 氧化锌薄膜晶体管电性能的温度特性[J]. *光电工程*, 2016, **43**(2): 50–54,61.
- [12] Wang X X. Studies on fabrication processes and properties of a-IGZO TFTs[D]. Jinan: Shandong University, 2014: 35–47.  
<https://doi.org/10.7666/d.Y2595305>.  
王雪霞. a-IGZO TFT 制备工艺和性能的研究[D]. 济南: 山东大学, 2014: 35–47.
- [13] Meyer K, Schuller I K, Falco C M. Thermalization of sputtered atoms[J]. *J Appl Phys*, 1981, **52**(9): 5803–5805.
- [14] Iwamatsu S, Takechi K, Abe Y, et al. Characterization of stress-controlled a-IGZO thin films and their applications to thin-film transistor and micro-electromechanical system processes[C]// *2013 Twentieth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)*, 2013: 133–136.
- [15] Alexander M R, Thompson G E, Beamson G. Characterization of the oxide/hydroxide surface of aluminium using x-ray photoelectron spectroscopy: a procedure for curve fitting the O 1s core level[J]. *Surf Interface Anal*, 2000, **29**(7): 468–477.
- [16] Hwang S, Lee J H, Woo C H, et al. Effect of annealing temperature on the electrical performances of solution-processed InGaZnO thin film transistors[J]. *Thin Solid Films*, 2011, **519**(15): 5146–5149.
- [17] Sung S Y, Jo K M, Kim S Y, et al. Effects of post-annealing treatments on the transfer characteristics of amorphous indium-gallium-zinc oxide thin film transistors[J]. *J Nanoelectron Optoelectron*, 2011, **6**(3): 310–314.

## 作者简介



王聪 (1980-), 男, 汉族, 广东揭阳人, 硕士, 副教授, 主要从事薄膜晶体管研究。  
E-mail: [congww4026@qq.com](mailto:congww4026@qq.com)



【通信作者】刘玉荣 (1968-), 男, 汉族, 江西吉安人, 博士, 教授, 主要从事薄膜晶体管、传感器与信息感知、可穿戴柔性电子等研究。  
E-mail: [phlyr@scut.edu.cn](mailto:phlyr@scut.edu.cn)

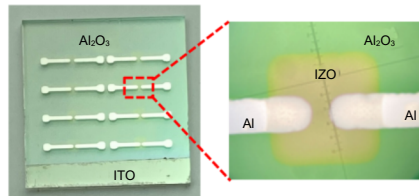


扫描二维码, 获取PDF全文



# The influence of active layer sputtering process and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT

Wang Cong<sup>1,3</sup>, Ding Youkun<sup>2</sup>, Liu Yurong<sup>2\*</sup>



Physical image of the IZO TFT

**Overview:** In order to improve the electrical performance of oxide thin film transistors, In-doped ZnO thin film transistors (IZO TFT) were prepared by using a sputtered IZO thin film as the active layer and an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film deposited by atomic layer deposition (ALD) as the gate dielectric layer. The effects of the ratio of argon and oxygen, sputtering gas pressure, and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT were investigated during the IZO film preparation process. The results indicated that the IZO TFT, which was prepared at the appropriate argon-oxygen ratio and reaction pressure under relatively high annealing temperatures, shows excellent electrical characteristics. When the argon oxygen flow rate ratio was 60:20 sccm, the sputtering gas pressure was 0.5 Pa, and the air annealing temperature and time were 250 °C and 1 hour, respectively. The electrical properties of the IZO TFT were relatively better with a carrier saturation mobility of 31 cm<sup>2</sup>/(V·s) and a high on-off current ratio of 10<sup>8</sup>. A relatively too-low or too-high argon-oxygen ratio could cause too-low or too-high oxygen vacancies in the active layer of IZO, thus reducing TFT device performance. The low annealing temperature couldn't transform the Al-OH bonds in the gate dielectric layer into Al-O bonds, and was difficult for oxygen in the air to diffuse into IZO and passivate oxygen vacancies, thus leading to poor device performance. The IZO TFTs couldn't exhibit gate voltage control characteristics. When the annealing temperature was higher, it was beneficial to increase the density of IZO thin films, reduce the defect states inside and on the surface, and thus obtain high-performance IZO TFTs.

Wang C, Ding Y K, Liu Y R. The influence of active layer sputtering process and annealing temperature on the electrical properties of IZO TFT[J]. *Opto-Electron Eng*, 2024, 51(6): 240077; DOI: [10.12086/oe.2024.240077](https://doi.org/10.12086/oe.2024.240077)

Foundation item: Project supported by Special Project in Key Fields of the Higher Education Institutions of Guangdong Province (the New Generation of Communication Technology) (2020ZDZX3125), National Natural Science Foundation of China (61871195), and Basic and Applied Basic Research Foundation of Guangdong Province (2024A1515011719)

<sup>1</sup>Post-Doctoral Research Station, Shanwei Marine Industry Institute, Shanwei, Guangdong 516600, China; <sup>2</sup>School of Microelectronics, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China; <sup>3</sup>School of Engineering, Shanwei Institute of Technology, Shanwei, Guangdong 516600, China

\* E-mail: [phlyr@scut.edu.cn](mailto:phlyr@scut.edu.cn)