

# 宽带隙 ZnMgO 的电学特性及其透明 薄膜场效应晶体管\*

吴惠楨<sup>1,2,†</sup> 梁 军<sup>1</sup> 劳燕锋<sup>1</sup> 余 萍<sup>2</sup> 徐天宁<sup>2</sup> 邱东江<sup>2</sup>

(1 中国科学院上海微系统与信息技术研究所 信息功能材料国家重点实验室, 上海 200050)

(2 浙江大学物理系, 杭州 310027)

**摘要:** 首次提出了用六方相晶体结构的宽带隙 ZnMgO 作为薄膜场效应晶体管(TFT)的沟道层,用立方相 ZnMgO 纳米晶体薄膜作为栅绝缘层,在实验中用透明的 ITO 导电玻璃作为衬底,通过连续沉积六方和立方相结构的纳米 ZnMgO 晶体薄膜,并通过光刻、电极工艺等,研制了透明的 ZnO 基 TFT,TFT 的电流开关比达到  $10^4$ ,场效应迁移率为  $0.6\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ .在偏压  $2.5\text{MV}/\text{cm}$  下漏电流为  $10^{-8}\text{A}$ .

**关键词:** 立方相和六方相 ZnMgO; 薄膜场效应晶体管; 电学特性

**PACC:** 7280E; 7340T; 7360P

**中图分类号:** TN304.2<sup>+</sup>1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-4177(2006)S0-0218-05

## 1 引言

ZnMgO 是一种新型的宽带隙半导体材料,随着合金中 Mg 含量的提高其带隙会进一步增宽,因此具有比 ZnO ( $E_g = 3.37\text{eV}$ ) 更宽的带隙,  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$  还具有两种晶体结构,当 Mg 含量比较低时为与 ZnO 相同的六方相晶体结构 ( $x \leq 0.36$ ); 当 Mg 含量增大到一定值 ( $x \geq 0.51$ ) 时为与 NaCl 相同的面心立方晶体结构, Mg 组分介于这两者之间 ( $0.36 < x < 0.51$ ) 时为混晶相晶体结构<sup>[1~4]</sup>. 1998 年 Ohtomo<sup>[1]</sup> 等人利用脉冲激光沉积 (PLD) 方法制备得到六方相 ZnMgO (简称 H-ZnMgO) 晶体薄膜, 2002 年开始, Choopun 等人采用 PLD 技术<sup>[2]</sup>, 邱东江和吴惠楨等人用气相反应电子束蒸发方法<sup>[3]</sup> 分别在蓝宝石、Si 和  $\text{SiO}_2$  等衬底上生长了具有立方相 ZnMgO (简称 C-ZnMgO) 晶体薄膜, 并通过紫外透射光谱测得了立方相  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$  ( $x = 0.55$ ) 薄膜光学吸收边大于  $5.0\text{eV}$ <sup>[4]</sup>; 接着我们用立方相  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  晶体薄膜作绝缘层研制了 Al/ZnMgO/Si 的金属-绝缘体-半导体 (MIS) 器件结构<sup>[5]</sup>, 通过电流-电压 ( $I$ - $V$ ), 电容-电压 ( $C$ - $V$ ) 特性测试, 确定立方相结构的  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  薄膜的漏电流密度低, 在所加  $700\text{kV}/\text{cm}$  电场下的漏电流密度低, 约  $10^{-7}\text{A}/\text{cm}^2$ , 是一种良好的绝缘体, 并测得  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  薄膜的介电常数为  $10.5 \pm 0.5$  (1MHz 频

率), 因此立方相  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  晶体薄膜是一种新型的高  $k$  介电材料.

近年来的研究发现宽带隙氧化物半导体在透明薄膜场效应晶体管的研制上具有一系列独特的优点<sup>[6,7]</sup>, 耐高温、透明, 能简化封装, 因此节省成本, 它们还可以在比较低的温度下合成, 而且与包括硅、玻璃甚至柔软的塑料膜等不同的衬底都兼容. 透明薄膜场效应晶体管的潜在应用之一是平板显示中的驱动电路元件, 现在的技术都是采用多晶硅技术, 存在电子迁移率低、封装成本相对较高等问题. 在氧化物半导体中, ZnO 是具有吸引力的, 因为它具有低温生长和半导体的特性, 不掺杂 ZnO 材料具有 n-型导电特性, 人们已用 n-型 ZnO 作为沟道层研制出了薄膜场效应晶体管<sup>[8]</sup>, 但是不掺杂 ZnO 的载流子浓度往往很高 ( $10^{19} \sim 10^{20}\text{cm}^{-3}$ ), 它们为氧空位和 Zn 填隙等缺陷所致, 因此器件的性能有待提高. 方法之一是对 ZnO 进行 p-型掺杂, 通过补偿降低电子的浓度, 但是这会导致 TFT 载流子迁移率的降低. 另外, 在氧化物 TFT 中栅绝缘层也是很重要的材料, 在现有的 ZnO 透明薄膜晶体管的结构中, 栅绝缘层是采用与 ZnO 不同的其他异质材料, 如  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$  等<sup>[8]</sup>, 这样沟道有源层与栅绝缘层的界面缺陷问题对器件的影响会比较大.

我们首次提出了用六方相晶体结构的宽带隙 ZnMgO 半导体作为薄膜场效应晶体管的沟道层, 因为三元合金 ZnMgO 具有比 ZnO 更大的带隙, 带

\* 上海市纳米科技计划 (批准号: 035NM092) 和国家自然科学基金 (批准号: 10174064, 60676003) 资助项目

† 通信作者. Email: hzhu@mail.sim.ac.cn

2005-11-11 收到

隙增宽能有效降低载流子浓度,我们用立方相  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $x = 0.55$ ) 纳米晶体薄膜作为栅绝缘层,研制了透明的薄膜场效应晶体管, TFT 具有电流开关比高,栅极与源、漏电极间的漏电流密度小的特点.

## 2 实验

实验中用具有良好透明性的氧化铟锡 (ITO) 导电玻璃作为衬底,采用气相反应电子束蒸发方法分别在石英玻璃和 ITO 玻璃衬底上生长了纳米  $Zn_{1-x}Mg_xO$  薄膜<sup>[9]</sup>. 靶源材料采用高纯 (纯度 > 99.99%)  $(MgO)_y(ZnO)_{1-y}$  陶瓷靶源. 六方相和立方相  $Zn_{1-x}Mg_xO$  薄膜的生长温度均为 250°C, 氧压为  $2.6664 \times 10^{-2}$  Pa, 生长过程中工作气压保持在 46.7 mPa, 薄膜生长速率约为 6 nm/min. 生长的样品在 450°C 下退火 30 min, 退火过程可提高样品的结晶度, 也能显著提高材料的电阻率, 样品的表面形貌由原子力显微镜 (AFM) 测试得到, 用 Rigaku Dmax-III B X 射线衍射仪测试薄膜的晶体结构, 薄膜中的 Mg 含量通过 PLA-SPECI 等离子体电感耦合技术确定, 190~900 nm 波长范围的透射光谱在 Shimadzu UV-240 分光光度计上测试得到. 并通过光刻、电极接触等工艺制备出电极图形, 其中沟道长度和宽度分别为 30 和 90  $\mu\text{m}$ , 沟道层的厚度为 70 nm, 栅绝缘层的厚度为 100 nm, 作为栅电极的 Al 膜的厚度为 300 nm. 电容-电压 (C-V) 特性由 HP 4280A 阻抗分析仪测得, 电流-电压 (I-V) 特性由 HP 4156 半导体参数仪测得.

## 3 结果与讨论

在生长薄膜场效应晶体管结构材料之前, 我们先在 ITO 玻璃基底上分别生长了作为沟道层的低 Mg 组分的 ZnMgO 晶体薄膜和作为栅绝缘层的高 Mg 组分立方相  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $x = 0.55$ ) 晶体薄膜. 图 1 给出了玻璃衬底上生长的立方相 C- $Zn_{0.45}Mg_{0.55}O$  和混晶相的 ZnMgO 薄膜的 X 射线衍射 (XRD) 测量结果. 由图可以看出, 立方相 C- $Zn_{0.45}Mg_{0.55}O$  薄膜只测量到一个衍射峰, 位于 42.78°, 是立方相晶体的 (002) 晶面的衍射, 说明立方相 C- $Zn_{0.45}Mg_{0.55}O$  薄膜为高度 (001) 取向; 在低 Mg 组分的 ZnMgO 衍射谱线中则观察到了 2 个衍射峰, 一个是位于 43.30° 的立方相 C-ZnMgO 晶体的 (002) 衍射峰, 立方相晶体 (002) 晶面衍射角的微小差别主要来源于这两个薄膜样品的 C-ZnMgO 中 Mg 组分的不同和测量时零点的飘移, 除了立方相的 (002) 面衍射角外, 在该薄膜中还观察到另一个位

于 35.80° 的衍射峰, 这是六方相 H-ZnMgO 的 (0002) 晶面的衍射, 它与二元系 ZnO 的 (0002) 衍射角很接近. 由于 Mg 的原子半径略小于 Zn 的半径, Mg 的加入会引起六方相晶体的晶格常数缩小, 因此 H-ZnMgO 晶体薄膜的衍射角会略大于 ZnO, 从而导致 (0002) 晶面的衍射角向大的方向移动. 这两个峰同时存在说明这一薄膜是六方和立方两个相的混合, 其中六方相 ZnMgO 具有半导体的特性, 这一点在后续的器件电学特性的测试结果中也可以看出.

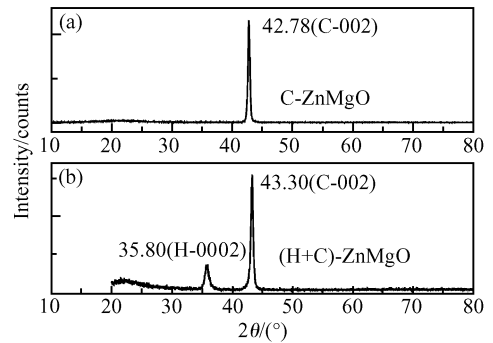


图1 玻璃衬底上生长的 ZnMgO 样品的 X 射线衍射谱 (a) 立方相 ZnMgO; (b) 六方和立方混晶相 ZnMgO

Fig.1 X-ray diffraction spectra (a) Cubic phase ZnMgO; (b) Hexagonal and cubic mixed-phase ZnMgO grown on glass

紫外透射光谱的测量结果由图 2 给出, 谱线 a、b、c 分别为立方相 C-ZnMgO、立方和六方混晶相 (H+C-ZnMgO) 和六方相 H-ZnMgO 的透射光谱. 谱线 b 对应的 ZnMgO 薄膜由两个相构成, 即六方相和立方相 ZnMgO 的混合, 其中立方相 ZnMgO 的光学吸收边位于 5.2 eV, 六方相 ZnMgO 的光学吸收边位于 ~4.0 eV. 从图中可见, 薄膜在整个可见光到近红外 ( $\lambda = 220 \sim 2500$  nm) 波段是光学透明的,

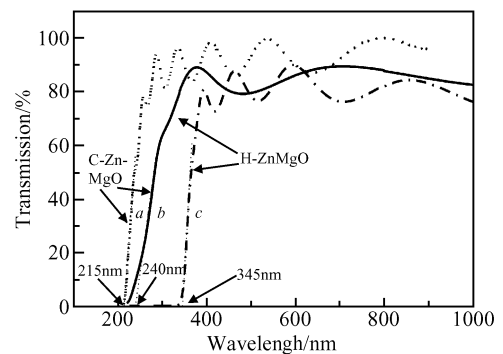


图2 紫外透射光谱 a: 立方相 ZnMgO; b: 立方和六方混晶相 ZnMgO; c: 六方相 ZnMgO

Fig.2 Optical transmission spectra of samples grown on glass a: Cubic phase ZnMgO; b: Hexagonal and cubic mixed-phase ZnMgO; c: Hexagonal phase ZnMgO

透过率大于 75%. 单一 C-ZnMgO 晶体薄膜的光学吸收边为 5.3eV, 单一 H-ZnMgO 的吸收边为 3.60eV, 由  $E_g(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}) = 3.02 + 4.03x$  (C-phase,  $0.51 < x < 0.8$ ),  $E_g(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}) = 3.32 + 2.00x$  (H-phase,  $0 < x < 0.36$ )<sup>[10]</sup>, 可确定 C-ZnMgO 中 Mg 的组分为 0.55, 即  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$ ; H-ZnMgO 中的 Mg 的组分为 0.14, 即  $\text{Zn}_{0.86}\text{Mg}_{0.14}\text{O}$ .

图 3(a) 为 ZnMgO 薄膜场效应晶体管的结构图. 为了降低沟道层的载流子浓度, 用六方和立方混晶相晶体结构的宽带隙 ZnMgO 半导体作为薄膜场效应晶体管的沟道层, 用立方相  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  纳米晶体薄膜作为栅绝缘层, ZnMgO 薄膜场效应晶体管的结构是: 栅电极为电子束蒸发的铝薄膜(厚度为 200nm)、栅绝缘层为 C-ZnMgO(100nm)、沟道层为六方 ZnMgO(厚度为 70nm), 源漏电极为透明的 ITO. 图 3(b) 是 ZnMgO 薄膜效应晶体管器件芯片的照片, 横向的电极为透明 ITO 导电薄膜做的源、漏电极, 竖直电极为铝薄膜做的栅电极.

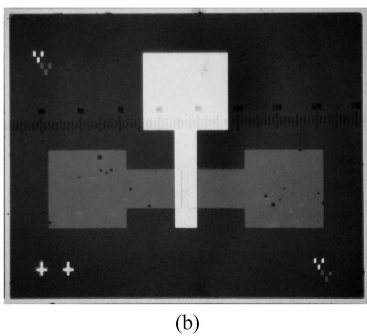
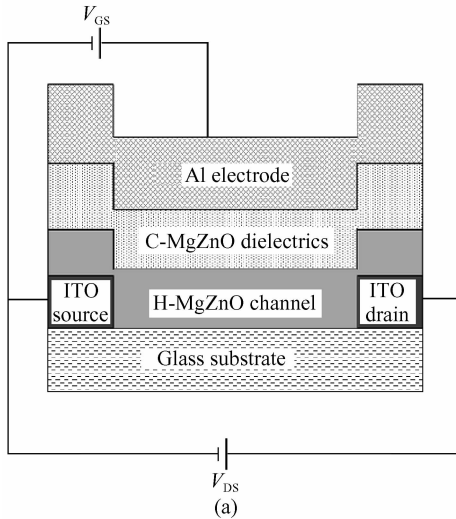


图 3 (a) ZnMgO 薄膜场效应晶体管的结构图; (b) ZnMgO 薄膜效应晶体管(TFT)器件芯片照片

Fig.3 (a) Schematic cross-section of the cubic phase ZnMgO/hexagonal and cubic mixed-phase ZnMgO (H-ZnMgO) stacks thin-film transistor; (b) Photo of a thin-film transistor chip

图 4 给出了 Al 电极-(C-ZnMgO)-(H + C-ZnMgO)-ITO 器件结构的 C-V 特性曲线, 结果是在高频下(1MHz)测得的, 由器件的积累电容特性说明 ZnMgO 半导体的氧化层为 n 型导电性, 所以晶体管是增强型的, 在不加栅压情况下, 器件处于关状态, 这有利于电路设计和减少器件能耗和散热, 它比 p 型做沟道层的耗尽型晶体管更具优点. 通过掺入 Mg 增大了沟道层材料的带隙, 这样与 ZnO 薄膜作为沟道层材料相比, 减小了导带电子的浓度, 比较文献[11]在 ZnMgO 晶体薄膜中通过掺磷(P)减小电子的浓度, 掺杂虽然可减小电子浓度, 但是可能会影响载流子的迁移率, 我们的 Hall 效应测量得到的半导体  $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O}$  ( $x = 0.14$ ) 的迁移率为  $9\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ , 比掺 P  $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O}$  ( $x = 0.15$ ) 的迁移率( $2 \sim 3\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ )高. 在这里, 由于沟道层半导体 ZnMgO 薄膜和栅绝缘层立方相 ZnMgO 薄膜是同质材料, 可在同一生长系统中由低温( $250^\circ\text{C}$ )一次生长完成, 沟道层 ZnMgO 薄膜和栅绝缘层 C-ZnMgO 薄膜的界面过渡区可以认为是很窄的.

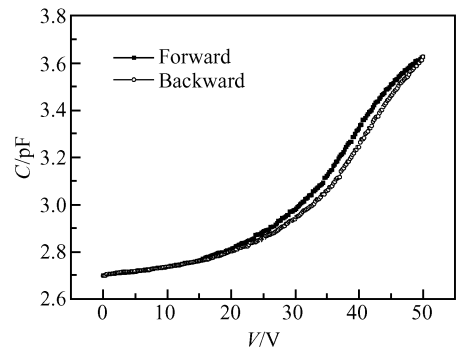


图 4 ZnMgO 薄膜场效应晶体管芯片的 C-V 特性曲线  
Fig.4 C-V characteristics of ZnMgO transistor chip

从图 4 的 C-V 曲线可以看出, 当对栅电极加正向偏压时, C-V 曲线向右移动而且趋向饱和, 说明在栅绝缘层和沟道层的界面积累的固定氧化物电荷是负性, 这些界面负性电荷对偏压的影响使理想 MOS 结构的 C-V 曲线沿电压轴向正电压方向移动, 因为要建立一个表面势, 在金属极板上就需要更多的电荷. 它们在外电场的作用下是不能移动的, 该固定氧化物电荷可能来源于 C-ZnMgO 栅绝缘层和 ZnMgO 沟道层之间的悬挂键. 通常 Si 与  $\text{SiO}_2$  界面的固定电荷是正电荷, 而且我们在 Si 表面上生长的 C-ZnMgO 界面上观察到的也是正的固定电荷<sup>[12]</sup>. 负电性的固定电荷对界面的积累电子具有相反的效果, 他们是不可再次充放电的, 而且当 TFT 工作时对沟道层的电子输运有影响, 可以用(1)式来估算固定电荷密度  $D_{fc}$ .

$$D_{fc} = \frac{C_i V_{FB}}{Aq} \quad (1)$$

式中  $C_i$  是栅绝缘层的电容;  $A$  是电容的面积;  $V_{FB}$  是栅的平带电压, 由图 4 的  $C-V$  曲线得到其约为 36V, 这样固定电荷密度  $D_{fc}$  约为  $10^{12}/\text{cm}^2$ . 在含有 C-ZnMgO 栅氧化层的器件中正反扫描得到的  $C-V$  曲线是一个回线, 表明在 C-ZnMgO 绝缘薄膜中存在可动离子, 它们可能是钠、钾离子等, 这一现象同样在用  $\text{HfO}_2$  薄膜作为场效应晶体管的  $C-V$  特性曲线中观察到<sup>[11]</sup>, 提高材料的纯度能够减小可动离子密度.

图 5 给出了室温下测得的 ZnMgO 薄膜场效应晶体管的漏电流-漏电压 ( $I_{DS}-V_{DS}$ ) 特性曲线. 可见在 0V 栅压下漏电流很小, H-ZnMgO 沟道层导电特性也表明器件的沟道层为电子导电增强型的调制特性. 注意到通过 C-ZnMgO 栅绝缘层的漏电流小, 使  $I-V$  特性曲线交汇于 0 点. 可以清晰看到电流的饱和与截止特性, 说明整个沟道区间可实现电子耗尽, 这一特性对电路应用来说具有实际价值.

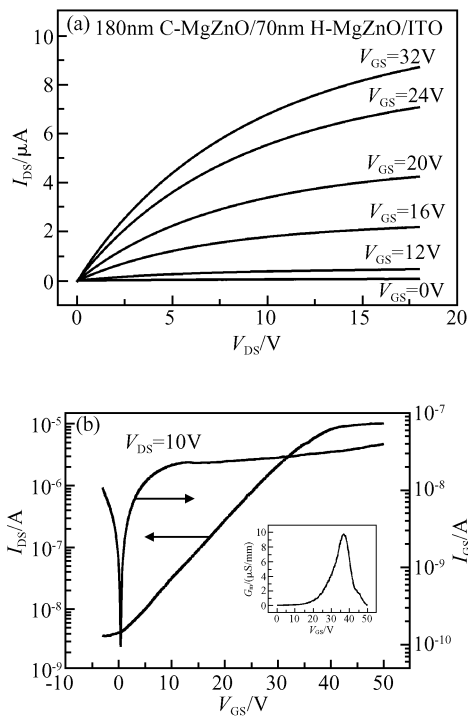


图 5 ZnMgO 薄膜场效应晶体管(沟道长度为  $30\mu\text{m}$ , 宽度为  $90\mu\text{m}$ ) (a)  $I_{DS}-V_{DS}$  特性; (b) 跨导特性, 插图为跨导与栅压的关系

Fig. 5 (a)  $I_{DS}-V_{DS}$  characteristics of ZnMgO TFT with channel length of  $30\mu\text{m}$  and channel width of  $90\mu\text{m}$ ; (b) Transfer characteristics of ZnMgO TFT measured at drain voltage of 10V. Inset is the transconductance versus  $V_{GS}$ .

在固定漏极电压条件下(10V), 我们测量了漏极电流  $I_{DS}$  和栅极电流  $I_{GS}$  随栅极电压  $V_{GS}$  的变化,

结果由图 5(b) 给出. 当  $V_{GS}$  由 0 增大到 50V,  $I_{DS}$  由  $10^{-9}$  增大到  $10^{-5}$  A;  $I_{GS}$  的变化则要小得多, 由  $10^{-10}$  增大到  $10^{-8}$  A.

薄膜场效应晶体管的场效应迁移率由(2)式确定:

$$I_D = \frac{W}{L} \mu_{FE} C_{ox} (V_{GS} - V_T - \frac{1}{2} V_{DS}) V_{DS} \quad (2)$$

式中  $W$  是沟道宽度;  $L$  是沟道长度;  $C_{ox}$  是栅氧化物的电容;  $V_T$  是阈值电压, 为 16.4V;  $\mu_{FE}$  是场效应迁移率, 得到的迁移率为  $0.6\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ , 这一结果与非晶硅( $a\text{-Si}$ )作为沟道层的场效应晶体管的场效应迁移率( $0.5\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ )相近<sup>[7]</sup>, 在这里限制场效应迁移率的主要因素有靶材纯度还不够高, 界面散射和沟道层 ZnMgO 中的合金散射, 预期随着靶材纯度的提高和薄膜质量的改进, 这一结果可以得到较大的提高. 在 0V 栅偏压下, 沟道电流为  $4.0 \times 10^{-9}$  A, 在栅电压和漏极电压分别为 50 和 10V 的条件下开/关电流比约为  $10^4$ . 在 50V 偏压下栅绝缘层的漏电流为  $4.0 \times 10^{-8}$  A, 说明器件的漏电流水平很低.

另外微分跨导  $g_m$  也是器件参数之一, 它由以下公式确定:

$$g_m = \left. \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{DS}=10\text{V}} \quad (3)$$

由图 5 的插图可见, 沟道长度为  $30\mu\text{m}$  的 TFT 器件, 其峰值跨导  $g_m = 10\mu\text{S}/\text{mm}$  出现在平带电压附近,  $V_g = 36.8\text{V}$ , 在这一偏压下电子开始在界面积累, 导致载流子之间的散射增大<sup>[13]</sup>. 另外, 界面缺陷态的存在也会屏蔽栅压对沟道的调制作用, 从而减小跨导.

## 4 结论

我们首次提出了用六方和立方混晶相 ZnMgO 宽禁带纳米薄膜半导体作为薄膜场效应晶体管的沟道层, 用立方相  $\text{Zn}_{0.45}\text{Mg}_{0.55}\text{O}$  纳米晶体薄膜作为栅绝缘层, 实验中用透明导电 ITO 玻璃作为衬底, 研制出了透明的薄膜场效应晶体管(TFT). 通过一次性连续沉积六方相和立方相结构的纳米 ZnMgO 晶体薄膜, 并通过光刻、电极接触等工艺, 在国内研制出了第一只 ZnO 基透明薄膜场效应晶体管. 该 TFT 的电流开关比高达  $10^4$ , 漏电流低 ( $10^{-8}$  A), 透明薄膜场效应晶体管的一个潜在的重要应用是平板显示中的驱动电路元件.

## 参考文献

[1] Ohtomo A, Kawasaki M, Koida T, et al.  $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$  as a II-

- VI widegap semiconductor alloy. *Appl Phys Lett*, 1998, 72: 2466
- [ 2 ] Choopun S, Vispute R D, Yang W, et al. Realization of band gap above 5.0eV in metastable cubic-phase  $Mg_xZn_{1-x}O$  alloy. *Appl Phys Lett*, 2002, 80:1529
- [ 3 ] Qiu D J, Wu H Z, Chen N B, et al. Characterizations of cubic ZnMgO films grown on Si(111) at low substrate temperature. *Chin Phys Lett*, 2003, 20:582
- [ 4 ] Chen N, Wu H, Qiu D, et al. Temperature-dependent optical properties of hexagonal and cubic  $Mg_xZn_{1-x}O$  thin-film alloys. *J Phys: Condens Matter*, 2004, 16:2973
- [ 5 ] Liang J, Wu H Z, Lao Y F. Application of cubic ZnMgO thin films in metal-insulator-silicon structures. *Chin Phys Lett*, 2004, 21(6):1135
- [ 6 ] Nomura K, Ohta H, Ueda K, et al. Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor. *Science*, 2003, 300:1269
- [ 7 ] Nishii J, Hossain F M, Takagi S, et al. High mobility thin film transistors with transparent ZnO channels. *Jpn J Appl Phys*, 2003, 42:L347
- [ 8 ] Masuda S, Kitamura K, Okumura Y, et al. Transparent thin film transistors using ZnO as an active channel layer and their electrical properties. *J Appl Phys*, 2003, 93(3):1624
- [ 9 ] Wu H Z, He K M, Qiu D J, et al. Low-temperature epitaxy of ZnO films on Si(001) and silica by reactive e-beam evaporation. Low-temperature epitaxy of ZnO films on Si(001) and silica by reactive e-beam evaporation. *J Cryst Growth*, 2000, 217(1/2):131
- [10] Chen J, Shen W Z, Chen N B, et al. The study of composition non-uniformity in ternary  $Mg_xZn_{1-x}O$  thin films. *J Phys: Condens Matter*, 2003, 15:L475
- [11] Kwon Y, Li Y, Heo Y W, et al. Enhancement-mode thin-film field-effect transistor using phosphorus-doped (Zn,Mg)O channel. *Appl Phys Lett*, 2004, 84:2685
- [12] Liang J, Wu H Z, Chen N B, et al. Annealing effect on electrical properties of high-k ZnMgO film on silicon. *Semicond Sci Technol*, 2005, 20:L15
- [13] Ye P D, Wilk G D, Yang B, et al. Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor with nanometer-thin dielectric grown by atomic layer deposition. *Appl Phys Lett*, 2003, 83:180

## Electrical Properties of Wide Bandgap ZnMgO and Fabrication of Transparent Thin Film Transistors\*

Wu Huizhen<sup>1,2,†</sup>, Liang Jun<sup>1</sup>, Lao Yanfeng<sup>1</sup>, Yu Ping<sup>2</sup>, Xu Tianning<sup>2</sup>, and Qiu Dongjiang<sup>2</sup>

(1 *State Key Laboratory of Functional Materials for Informatics, Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China*)

(2 *Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China*)

**Abstract:** We propose to use Hexagonal phase  $Zn_{1-x}Mg_xO$  as active channel layer and cubic phase  $Zn_{1-x}Mg_xO$  as gate dielectric of transparent thin film transistors(TFTs). The consistent  $Zn_{1-x}Mg_xO$  thin films are sequentially deposited on ITO substrates and monolithograph and electrical contact are made. The TFTs have demonstrated an on/off ratio of  $10^4$  and a channel mobility on the order of  $0.6\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ . Leakage current is as low as  $4.0\times 10^{-8}\text{A}$  at  $2.5\text{MV/cm}$  electrical field.

**Key words:** cubic- and hexagonal- phase ZnMgO; thin film transistor electrical properties

**PACC:** 7280E; 7340T; 7360P

**Article ID:** 0253-4177(2006)S0-0218-05

\* Project supported by the Nano Science and Technology Foundation of Shanghai(No.035NM092)and the National Natural Science Foundation of China (Nos.10174064,60676003)

† Corresponding author. Email: hzwwu@mail.sim.ac.cn

Received 11 November 2005