

# H 处理对 a-Si TFT 矩阵性能的改善作用 \*

赵 颖 熊绍珍 孟志国 代永平 周祯华 姚 伦 张建军 孙钟林 徐温元

(南开大学光电子薄膜器件和工艺研究所 天津 300071)

**摘要** 在 PECVD 系统制备 a-Si TFT 矩阵工艺中采用氢射频等离子辉光放电产生的 H, 钝化 SiN<sub>x</sub> 表面的硅悬键, 从而使 a-Si : H/SiN<sub>x</sub> 界面态得到减小。由此制备出的 a-Si TFT 矩阵, 其性能得到明显改善。

PACC: 7340, 6855

## 1 引言

在有源驱动液晶显示器(TFT-LCD)中, 非晶硅薄膜场效应晶体管(a-Si TFT)是作为一个开关器件来使用的, 因此其开关特性的优劣将极大地影响 TFT-LCD 屏的显示质量。通过改善 a-Si : H 和 SiN<sub>x</sub> 栅绝缘膜的质量可使 TFT 的场效应迁移率( $\mu_{fe}$ )得到提高<sup>[1~3]</sup>。当体材料缺陷态密度大幅降低时, a-Si : H/SiN<sub>x</sub> 界面特性的影响将是非常重要的<sup>[4,5]</sup>。

## 2 样品制备

已知 SiN<sub>x</sub> 中的硅悬键是 Si、N 价键失配的结果。为减小 a-Si : H/SiN<sub>x</sub> 界面靠近 SiN<sub>x</sub> 一侧的缺陷态密度, 采用 H<sub>2</sub> 等离子辉光放电产生原子态 H, 来钝化 SiN<sub>x</sub> 表层上的 Si 悬键(以下简称氢处理)。H 处理的具体方法是: 在生长完 SiN<sub>x</sub> 后, 用分子泵快速地将 SiN<sub>x</sub> 反应室抽至高真空, 其真空中度优于 10<sup>-4</sup>Pa。采用不同的氢辉光工艺参数, 对 SiN<sub>x</sub> 的表面进行 H 处理。H 处理结束后, 再转至本征 a-Si 反应室, 继续生长 a-Si : H 膜。为考察 H 处理的效果, 我们的 H 处理实验全部在正常制备 3 英寸 200×151 矩阵基片的过程中进行, 其它工艺均与常规的 TFT 制备工艺相同。

## 3 结果分析与讨论

### 3.1 H 处理 SiN<sub>x</sub> 表面反应过程

#### 3.1.1 H 钝化 SiN<sub>x</sub> 表面悬键

H<sub>2</sub> 射频辉光放电产物 H 钝化 SiN<sub>x</sub> 表面悬键, 使 SiN<sub>x</sub> 表面上的硅、氮悬键通过钝化反应

\* 国家自然科学基金资助项目

赵 颖 男, 1963 年生, 讲师, 从事非晶半导体与器件研究

熊绍珍 女, 1939 年生, 教授, 博导, 从事非晶半导体与器件以及光电子技术研究

1995 年 10 月 17 日收到初稿, 1996 年 3 月 11 日收到修改稿

形成 $\equiv\text{Si}-\text{H}$ 、 $=\text{N}-\text{H}$ 。从而使  $\text{SiN}_x$  靠近 a-Si : H 一侧的 Si 悬键数目得以降低<sup>[6]</sup>。

### 3.1.2 其它反应过程

①打开  $\text{SiN}_x$  中  $\text{Si}-\text{Si}$ 、 $\text{N}-\text{N}$  弱键的反应；②使  $\text{SiN}_x$  中正常的  $\text{Si}-\text{N}$  键打开，破坏了  $\text{SiN}_x$  的结构；③使  $\text{SiN}_x$  表面上的 Si 或 N 原子脱离  $\text{SiN}_x$  表面；④H 原子对  $\text{SiN}_x$  表面 Si 原子的刻蚀作用。

显然，上述两类反应与具体 H 处理条件相关，而 H 处理结果由两者的综合作用决定。

## 3.2 实验结果

由于 H 处理的样品是在正常 3 英寸  $200 \times 151$  象素 TFT 矩阵上制备的，因此在进行结果分析时，为体现 H 处理的效果特将用 H 处理过的 TFT 的场效应迁移率( $\mu_{\text{feH}}$ )与距该 TFT 最近的不用 H 处理的 TFT 场效应迁移率( $\mu_{\text{fe}}$ )相除，并令其比值  $\eta = \mu_{\text{feH}} / \mu_{\text{fe}}$ ，则得到图 1~3 所示的  $\eta$  与 H 处理时所采用的功率、衬底温度、H 处理时间等的关系曲线。

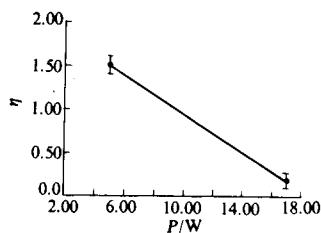


图 1  $\eta$  与功率的关系

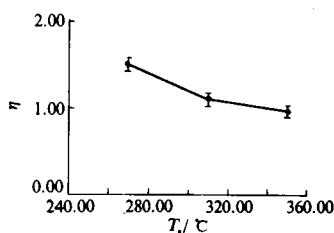


图 2  $\eta$  与衬底温度的关系

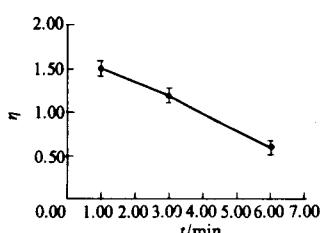


图 3  $\eta$  与 H 处理时间的关系

### 3.3 实验结果分析与讨论

从图 1 可看出：H 处理功率大，则由于辉光电离产生的 H 离子浓度过高，尽管此时 H 的钝化作用也在进行，但上述的其它反应超过 H 钝化过程，从而使 a-Si : H/SiN<sub>x</sub> 界面的态密度不但没减小，反而明显增大。因此电子在 TFT 沟道内被俘获的几率大大增加，从 TFT 特性看就表现为  $\mu_{\text{fe}}$  的明显减小。当功率为 5W 时，由于 H 离子轰击作用比较弱，将 Si-H、Si-N 键打开等产生新缺陷的反应发生几率很小，H 钝化反应占明显的主导地位，故此时的 H 处理效果是非常好的。

从图 2 可看出：随着 H 处理的衬底温度的增加， $\eta$  先是迅速减小，然后趋于平稳。这是由于①衬底温度越高，H 原子的能量越大，H 原子向薄膜内部扩散速率也就越强。无疑这对钝化 SiN<sub>x</sub> 体内的硅悬键是有利的；②过高的衬底温度有可能使 SiN<sub>x</sub> 表面已钝化的 Si、N 悬键，重新脱 H。这两者的作用减弱了 H 钝化表面悬键的速率，换句话说就是需要更长的时间方有可能达到在较低温度时 H 对表面悬键的钝化效果，因而当 H 处理的时间一定时，衬底温度的提高将使 H 处理的效果降低。从制备 TFT 矩阵的实际工艺角度出发，对于衬底温度低于 270 °C 以下的情况本实验未做<sup>[3]</sup>。

图 3 示出了  $\eta$  与 H 处理时间的关系。由此图可以看出： $\eta$  随着 H 处理的时间  $t$  的增长而单调下降。当  $t$  为 6 分钟时， $\eta$  值仅为 0.59。这表明 H 处理的时间越长，则表面轰击、刻蚀等的累积作用越大，从而使 a-Si : H/SiN<sub>x</sub> 的界面特性反而变坏。在  $t$  为 3 分钟时， $\eta \approx 1$ ，即 TFT 的  $\mu_{\text{fe}}$  变化不大。这表明：H 钝化反应使 SiN<sub>x</sub> 表面的硅、氮悬键减少的缺陷态密度与由其它反应过程所新增加的缺陷态密度相当，界面特性基本未改善。而 H 处理时间小于

3分钟时, H钝化过程占主导地位, 界面特性改善明显。但另一方面, 若H处理时间太短, 则H钝化 $\text{SiN}_x$ 表面Si悬键不充分, 也不能起到改善 $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面特性的目的。

由上述的实验结果分析可以看出: 在本PECVD系统中进行H处理 $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面所需的合适工艺参数为: 衬底温度270℃, 气体流量60sccm, 辉光功率5瓦, H处理时间1分钟。测试该样品TFT的静态转移特性, 并由此计算出的TFT场效应迁移率为 $0.86\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ 。有关H处理 $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面对TFT稳定性的影响, 以及H处理后 $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面态分布的变化情况等有待进一步的实验深入探讨。

## 4 结论

在PECVD系统中, 采用适当的H处理工艺条件, 可使 $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面靠近 $\text{SiN}_x$ 一侧界面缺陷态减少,  $\text{a-Si:H/SiN}_x$ 界面特性得到改善。且通过该界面特性的改善, 能使a-Si TFT的场效应迁移率得以明显提高。

## 参 考 文 献

- [1] S.S. He *et al.*, MRS Symp. Proc., 1992, **284**: 414.
- [2] H. Miyashita *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 1994, **41**(4): 499.
- [3] 熊绍珍, 等, 半导体学报, 1994, **15**(2): 130.
- [4] B. Byung *et al.*, Phi. Mag., B, 1992, **65**(5): 933.
- [5] M. J. Powell, IEEE Trans. Electron Devices, 1989, **36**: 2753.
- [6] J. Robertson *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1984, **44**: 415.

## Improvement of Characteristics of a-Si TFT Matrix by H Treatment

Zhao Ying, Xiong Shaozhen, Meng Zhiguo, Dai Yongping, Zhou Zhenhua,  
Yao Lun, Zhang Jianjun, Sun Zhonglin and Xu Wenyuan

(The Institute of Photoelectronic Thin Film Devices and Technology, Nankai University, Tianjin 300071)

Received 17 October 1995, revised manuscript received 11 March 1996

**Abstract** H produced during  $\text{H}_2$  RF discharge in the PECVD system is used to passivate Si dangling bonds at the surface of  $\text{SiN}_x$  layer during preparation of a-Si TFT matrix. As a consequence, the interface states of  $\text{a-Si:H/SiN}_x$  are decreased and the performance of a-Si TFT is improved.

**PACC:** 7340, 6855