

# Characters and Improvement of the Sensitivity of TiO<sub>2</sub> Extended-Gate H<sup>+</sup> Ions Sensors

楊世旭、姚品全

E-mail: 9601178@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In this study, the extended-gate ion sensors were fabricated by sol-gel deposited TiO<sub>2</sub> films with titanium isopropoxide(TTIP) as the precursor. The spin-coated TiO<sub>2</sub> films over transparent conducting glass (TCO) were further annealed under high temperature oxidative ambient. The sensitivity of the as-prepared extended-gate ion sensors toward hydrogen ions (H<sup>+</sup>) was measured with commercial FET coded CD4007 by general constant voltage-constant current (CVCC) readout by setting suitable VG (in most cases, VG=3V), given VDS to read IDS, vice versa. The results show that the crystalline as well as the morphology of TiO<sub>2</sub> thin films correlate with the sensor character. The O<sub>2</sub>-rich ambient is beneficial to the sensitivity (?A/pH) of the sensors. The highest value is 72.67?A/pH under high concentration of O<sub>2</sub> flow during the annealing. In addition to the annealing ambient, the pre-bake of the as-deposited TiO<sub>2</sub> films, the annealing temperature, the process duration also show some relation to the sensor properties.

Keywords : Extended-gate ions sensors, pin-coated TiO<sub>2</sub> films, sensitivity, sol-gel

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii 中文摘要 . . . . .
iv 英文摘要 . . . . .	v 誌謝 . . . . .
錄 . . . . .	xviii 圖目錄 . . . . .
動機 . . . . .	xvii 第一章 緒論 1.1研究背景 . . . . .
與原理 2.1 生化感測器 . . . . .	3 1.3研究流程及架構 . . . . .
二氧化鈦之結構 . . . . .	4 2.2 二氧化鈦 . . . . .
薄膜之製備 . . . . .	10 2.2.1 二氧化鈦之性質 . . . . .
. . . . .	10 2.2.2 二氧化鈦薄膜之製備 . . . . .
. . . . .	13 2.3 吸附鍵結模型 . . . . .
. . . . .	21 2.4 電雙層理論 . . . . .
溶膠凝膠法之調配 . . . . .	22 2.5 延伸式閘極之理論分析 . . . . .
薄膜之製作 . . . . .	23 第三章 元件製作與薄膜分析原理 3.1
. . . . .	25 3.1.1 配製方法 . . . . .
. . . . .	26 3.2 二氧化鈦薄膜 . . . . .
. . . . .	27 3.2.1 ITO 玻璃之清潔 . . . . .
. . . . .	27 3.2.2 二氧化鈦薄膜知沉積
. . . . .	27 3.3 TiO <sub>2</sub> thin film特性分析 . . . . .
. . . . .	28 3.3.1 原子力顯微鏡分析(AFM) . . . . .
. . . . .	29 3.3.2 X-ray 繞射分析(XRD) . . . . .
. . . . .	32 3.3.3 SEM電子掃描(SEM) . . . . .
. . . . .	33 3.4 延伸式閘極氫離子感測場效電晶體之研究 . . . . .
. . . . .	35 3.4.1 EGFET元件之封裝 . . . . .
量測系統之建立 . . . . .	35 3.5 量測系統之建立 . . . . .
. . . . .	37 3.5.1 I-V量測系統 . . . . .
路量測系統之建立 . . . . .	37 3.5.2 恒壓恒流電
不同pH值解膠之SEM分析 . . . . .	39 第四章 結果與討論 4.1 薄膜分析 . . . . .
. . . . .	41 4.1.1 不同退火溫度對感度之影響 . . . . .
. . . . .	41 4.1.2 有無預熱差異之探討 . . . . .
. . . . .	46 4.2 電性量測 . . . . .
. . . . .	56 4.2.1 不同退火溫度對感度之影響 . . . . .
. . . . .	56 4.2.2 預先加熱對感測度之影響 . . . . .
. . . . .	60 4.2.3 不同氣體的比例退火對感測度之影響 . . . . .
. . . . .	62 第五章 結論 . . . . .
64 參考文獻 . . . . .	65

## REFERENCES

- [1] A. Topkar and R. Lal, Effect of electrolyte exposure on silicon dioxide in electrolyte-oxide-semiconductor structures, Thin Solid Films, Vol.232, pp.265-270, 1993.
- [2] J. Van Der Spiegel, I. Lauks, P. Chan, and D. Babic, Sensors and Actuators, Vol.4, pp.291-298, 1983.
- [3] B. D. Liu, Y. K. Su, and S. C. Chen, Ion-Sensitive field-effect transistor with silicon nitride gate for pH sensing, Int. J. Electronics, Vol.67, pp.59-63, 1989.
- [4] 胡賀捷，在氧化鋁板上製備二氧化鈦薄膜的研究，台灣大學化工所，碩士論文，2000。
- [5] A. R. Phani, S. Santucci, Materials Letters , Vol. 47, pp. 20, 2001.
- [6] 陳永芳，以四異丙醇鈦為前驅物利用化學氣相沉積法和水解法製備二氧化鈦，交通大學應用化學所，博士論文，2002。

- [7]S. H. Jung, S. W. Kang, Jpn.J.Appl.Phys , Vol. 40, pp. 3147, 2001.
- [8] 張怡南，2000，生物感測器，生物技術的發展與應用，九州出版社，第三版，PP. 303~320。
- [9]簡國明，洪長春，吳典熹，王永銘、藍怡平，奈米二氧化鈦專利地圖及分析 Titanium Dioxide，行政院國家科學委員會科學技術資料中心，pp.18-24, 2004。
- [10] M. A. Rashti and D. E. Brodie, 1994, “ The Photoresponse of High Resistance Anatase TiO<sub>2</sub> Films Prepared by the Decomposition of Titanium isopropoxide ” , Thin Solid Films, Vol. 240, PP.163-167.
- [11] N. Rausch and E. P. Burte, 1992, “ Thin High-Dielectric TiO<sub>2</sub> Films Prepared by Low Pressure MOCVD ” , Engineering, Vo. 19, PP. 725-729.
- [12] T. Fuyuki and H. Matsunami, 1986, “ Electronic Properties of the Interface between Si and TiO<sub>2</sub> Deposited at Very Low Temperatures ” , Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 25, P.1288.
- [13] 陳繼仁，1989，TiO<sub>2</sub> 陶瓷的燒結、電性及晶界偏析理論模型之研究，國立清華大學，博士論文。
- [14] D. Bloor, R. J. Brook, M. C. Flemings and S. Mahajan, “ The Encyclopedia of Advanced Materials ” , PP. 2880-2882, (Elsevier Scince Ltd, 1994).
- [15]洪雨利，溶凝膠法製備奈米二氧化鈦觸媒進行光催化還原二氧化碳之批次反映研究，國立中山大學，碩士論文，2003。
- [16]L. K. Meixner, S. Koch, Simulation of ISFET operation based on the site-binding model, Sensors and Actuators B, Vol.6, pp.315-318, 1992.
- [17]牛蒙年，丁辛芳，童勤義，氧化物-電解溶液界面的表面基吸附模型研究，半導體學報，第17卷，第6期，6月，pp.458-463，1996。
- [18]廖嵐彬，二氧化鈦酸鹼離子感測場效電晶體元件與積體化讀出電路之研究，國立雲林科技大學，2003。
- [19]江榮隆，非晶形三氧化鎢場效型離子感測元件之研究，國立雲林技術學院，碩士論文，1997。
- [20]H. Abe, M. Esashi, T. Matsuo, ISFET ' s using inorganic gate thin films, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-26, pp.1939-1944, 1979.
- [21]L. K. Meixner, S. Koch, Simulation of ISFET operation based on the site-binding model, Sensors and Actuators B, Vol.6, pp.315-318, 1992.
- [22] Clifford. D. Fung, Peter. W. Cheung, and Wen. H. Ko, 1986, “ A Generalized Theory of an Electrolyte-Insulator-Semiconductor Field-Effect Transistor ” , IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, PP.8-18.