

3. Александров Е. Е., Александрова Т. Е., Лазаренко А. А. Оценка точности стабилизации поля зрения прицела танковой пушки // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Александрова Т. Е., Лазаренко А. А., Зейн А. В. Структурно-параметрический синтез цифрового электромеханического стабилизатора поля зрения прибора наблюдения // Электромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Александрова Т. Е., Кононенко В. А., Лазаренко А. А. Сравнительный анализ цифровых ПД-стабилизаторов подвижных объектов с низкочастотными фильтрами Баттеруорта и Ланцоша // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1984. – 221 с.

DIGITAL STABILIZER LASER BEAM TANK RANGEFINDER SIGHT

M. D. Borisuk, Ye. Ye. Alexandrov, T. Ye. Alexandrova
National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute"

The processes of the stabilization of the laser beam Tank rangefinder sight when using the digital indicator type stabilizer with digital low-pass filter. Algorithms stabilization implemented onboard digital computer, and delivers the accuracy of stabilization. It is shown that the best noise immunity of a closed system stability enables the use of digital filters Butterworth and Lanczos, operating on a series-parallel circuit. Bibl. 6, Fig. 1.

Key words: tank rangefinder sight, digital stabilizer, low-frequency digital filters.

1. Ablesimov O. K., Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova I. Ye. Automatic control of moving objects and technological processes. V.3. Automatic control arms tanks. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2008. – 444 p.
2. Alexandrov Ye. Ye., Kozlov E. P., Kuznetsov B. I. Automatic control of moving objects and technological processes. V.1. The theory of automatic control. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2002. – 490p.
3. Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A. Evaluation of the accuracy of sight stabilization tank gun sight // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A., Zein A. V. Structural and parametric synthesis of digital electromechanical stabilizer field of view observation // Электромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Alexandrova T. Ye., Kononenko V. A., Lazarenko A. A. Comparative analysis of digital PD-stabilizers moving objects with low-pass filter Butterworth and Lanczos // Radioelectronika, informatika, upravlinnia. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Hamming R.V. Digital filters. – М.: Nedra, 1984. – 221 p.

УДК 544.77.052.5:539.216:661.8

Г. С. Хрипунов¹, Н. П. Клочко¹, В. А. Новиков¹, Н. Н. Удянский², А. Л. Хрипунова², Н. А. Ковтун¹

¹ - Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина, e-mail: khrip@ukr.net

² - Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, Украина

РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ СЛОЕВ ДИОКСИДА ОЛОВА ДЛЯ ГАЗОВЫХ ДАТЧИКОВ АБСОРБЦИОННО-ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТИПА

Проведены исследования газочувствительности пленок диоксида олова, полученных методом химического осаждения из паровой фазы, для создания базовых слоев газовых датчиков абсорбционно-полупроводникового типа путем измерений температурных зависимостей поверхностной электропроводности. Экспериментально установлена зависимость газочувствительности пленок диоксида олова от его температуры при одновременно присутствующих в различных концентрациях газов монооксида азота и кислорода в смеси с азотом, а также при различных концентрациях монооксида азота и диоксида азота в воздухе.

Идентифицирована зависимость от температуры газочувствительности пленок диоксида олова к примеси паров этилового спирта в воздухе ($C_{C_2H_5OH} = 10000 \text{ppm}$) и к примеси паров аммиака в воздухе ($C_{NH_3} = 6600 \text{ppm}$). Исследована газочувствительность пленок SnO_2 при различных концентрациях примеси паров C_2H_5OH и NH_3 в воздухе при температуре $450^\circ C$. Установлена температурная зависимость времени восстановления электрических свойств пленок после взаимодействия с парами этилового спирта ($C_{C_2H_5OH} = 10000 \text{ppm}$) и аммиака ($C_{NH_3} = 6600 \text{ppm}$) в воздухе

Ключевые слова: пленки диоксида олова, газочувствительность, поверхностная электропроводность, метод парофазного химического осаждения

Проведено дослідження газочутливості плівок діоксиду олова, отриманих методом хімічного осадження з парової фази, для створення базових шарів газових здавачів абсорбційно-напівпровідникового типу шляхом вимірювання температурних залежностей поверхової електропровідності. Дослідним шляхом встановлена залежність газочутливих плівок діоксиду олова від його температури при одночасно наявних в різних концентраціях газів монооксиду азоту та кисню у суміші з азотом, а також при різних концентраціях монооксиду азоту та діоксиду азоту у повітрі. Ідентифіковано залежність від температури газочутливості плівок діоксиду олова до домішки парів етилового спирту у повітрі ($C_{C_2H_5OH} = 10000 \text{ppm}$) та до домішки парів аміаку у повітрі ($C_{NH_3} = 6600 \text{ppm}$). Досліджено газочутливість плівок SnO_2 при різних концентраціях домішки парів C_2H_5OH та NH_3 у повітрі при температурі $450^\circ C$. Встановлено температурну залежність часу відновлення електричних властивостей плівок після взаємодії з парами етилового спирту ($C_{C_2H_5OH} = 10000 \text{ppm}$) та аміаку ($C_{NH_3} = 6600 \text{ppm}$) у повітрі.

Ключові слова: плівки діоксиду олова, газочутливість, поверхова електропровідність, метод парофазного хімічного осадження.

Введение

Ухудшение экологической обстановки, а также актуальность повышения безопасности производства и жилищно-коммунальных комплексов обуславливает необходимость разработки новых приборных элементов, способных регистрировать наличие в воздухе различных газообразных примесей, концентрация которых не должна превышать установленных предельно допустимых значений. Такие приборные элементы необходимы также в промышленности и сельском хозяйстве для автоматического контроля и поддержания состава газовой среды, требуемой для современных технологических процессов.

Постановка задачи и цель исследования

В качестве материала для чувствительного элемента газовых датчиков перспективным является использование диоксида олова, поскольку диоксид олова проявляет газочувствительные свойства при относительно низких температурах ($200-500^\circ C$), что способствует снижению энергопотребления датчиков и существуют простые технологии получения пленок SnO_2 к которым относится метод парофазного химического осаждения. В связи с изложенным целью настоящей работы является исследование газочувствительных свойств пленок SnO_2 , полученных методом парофазного химического осаждения для создания газовых датчиков абсорбционно-проводникового типа.

Методика

Для получения пленок SnO_2 методом парофазного химического осаждения (ПФХО) применялся кварцевый реактор. При получении газочувствительных пленок двуокиси олова методом ПФХО, варьируемыми технологическими параметрами являлись температура подложки T_{sub} и время τ роста окисного слоя. Исследование газочувствительных свойств пленок SnO_2 производилось по изменению поверхностной электропроводности слоев в различных газовых средах и при различной температуре проводилось.

Проведение экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования газочувствительности пленок диоксида олова к газообразным окислам азота показали, что изменение проводимости пленок SnO_2 при повышении концентрации монооксида азота в окружающей среде имеет место только в присутствии кислорода, причем при увеличении концентрации кислорода газочувствительность S пленок к NO усиливается. При малых концентрациях кислорода значение S монотонно растет с увеличением рабочей температуры датчика T_f . В то же время при высокой концентрации кислорода (например, при использовании смеси NO с воздухом) на графике зависимости S от T_f наблюдается температурный максимум газочувствительности при $T_f = 200^\circ C$. Газочувствительность пленок к NO_2 , напротив, не

зависит от присутствия кислорода в окружающей среде, а температурный максимум газочувствительности обнаруживается при более высокой температуре $T_f=400^\circ\text{C}$. Время установления стационарной электропроводности чувствительного слоя при его взаимодействии с примесями окислов азота в воздухе уменьшалось с ростом рабочей температуры слоя и при $T_f=400^\circ\text{C}$ не превышало 5 секунд. Время релаксации (возвращения электропроводности к исходному состоянию после прекращения воздействия примесей) также уменьшалось с ростом T_f и при $T_f=400^\circ\text{C}$ не превышало 60 секунд. При этом есть основания полагать, что в действительности время релаксации имело меньшее значение и лимитировалось скоростью эвакуации примесей из измерительной камеры.

Экспериментальные исследования газочувствительности пленок диоксида олова к восстанавливающим примесям в воздухе (пары аммиака и этилового спирта) показали, что газочувствительность пленок к $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ монотонно повышается с ростом температуры, в то время как газочувствительность к NH_3 снижается при $T_f=350^\circ\text{C}$. Измерение газочувствительности при различных концентрациях паров $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и NH_3 в воздухе показало достаточные для надежной регистрации значения S в широком диапазоне концентраций примесей. Время срабатывания датчиков при $T_f=400\text{--}450^\circ\text{C}$ как в случае $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, так и для NH_3 не превышает нескольких секунд. Обнаружено также, что время восстановления датчиков уменьшается с ростом их температуры и увеличивается с ростом измеряемой концентрации примеси в воздухе.

Выводы

Исследования газочувствительности пленок оксида олова показали хорошую стабильность свойств и чувствительность как к окисляющим примесям (оксиды азота, пары азотной кислоты) так и восстанавливающим примесям (пары этанола, аммиака) в воздухе, что позволяет использовать их в качестве базовых слоев тонкопленочных резистивных газовых датчиков адсорбционно-полупроводникового типа.

Список литературы

1. Windischmann H., Mark P. A model for the operation of thin-film SnO_x conductance-modulation carbon monoxide sensor // *Electrochem. Soc.* – 1979. – № 126. – P.1813–1816.
2. Газочувствительные датчики на основе металлоокисных полупроводников / Бутурлин А.И., Гарбузян Т. А., Голованов Н. А. и др. – М.: Изд-во ЦНИИ «Электроника», 1983. – 39 с
Gas sensitive sensors based on metal oxide semiconductors / Buturlin A.I., Garbuzyan T.A., Golovanov N. A. etc. – М.: Izd CSRI "Electronics", 1983. –39 p (Rus.)
3. Komornicki S., Szklarski Z. Single crystal and sintered ceramic gas sensors // *Bull. of the Polish Ac. of Sc. Chemistry.* – 1989. –V.37. – № 5–6. – P.221–230.
4. McAleer J. F., Moseley P. T., Norris J.O.W. Tin dioxide gas sensors // *Chem.Soc.* –1987. – V.4. – № 83. – P.1323–1346.

DEVELOPMENT OF TIN DIOXIDE BASE LAYERS FOR GAS SENSORS OF ABSORPTION-SEMICONDUCTOR TYPE

G. S. Khrypunov¹, N. P. Klochko¹, V. A. Novikov¹, N. N. Udyansky², A. L. Khrypunova², N. A. Kovtun¹

¹ - National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",

e-mail: khrip@ukr.net

² - National University of Civil Protection of Ukraine

By a measuring of surface conductivity versus temperature dependences for tin dioxide films deposited by chemical vapor deposition (CVD) we researched their gas sensitivity with the aim to develop a gas sensor of absorption- semiconductor type. Gas sensitivities of tin dioxide films at the different temperatures in the presence of various concentration of nitrogen monoxide, oxygen and nitrogen in gas mixtures as such as in the nitrogen monoxide and nitrogen dioxide mixture in the air were obtained experimentally. A temperature dependences of the tin dioxide films gas-sensitivity for an ethyl alcohol impurity the in the air ($S_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 10000\text{ppm}$) and ammonia vapor in the air ($S_{\text{NH}_3} = 6600\text{ppm}$) were identified. The gas sensitivity of the SnO_2 films with the different concentrations of $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ and NH_3 vapor impurities in the air at 450°C was investigated. The temperature dependence of the recovery of the tin

dioxide films electrical properties after their reaction with ethyl alcohol ($S_{C_2H_5OH} = 10000ppm$) and ammonia ($S_{NH_3} = 6600ppm$) vapors of in the air were researched.

Keywords: tin dioxide film, gas sensitivity, surface conductivity, chemical vapor deposition

УДК 621.314; 621.391

¹А. И. Шевченко ^{1,2}А. С. Мазинов, ³Л. Д. Писаренко

¹ Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Украина
e-mail: mas@crimea.edu

² Крымский научный центр Национальной академии наук Украины и МОН Украины,
г. Симферополь, АР Крым

³ Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРОНТАЛЬНЫХ P-N ПЕРЕХОДОВ

Проведены экспериментальные и теоретические исследования фотоэлектрических элементов на основе монокристаллического кремния. Рассмотрены основные теоретические аппроксимации для описания фронтального близко залегающего p-n перехода. Предложен численно-аналитический подход к описанию диффузионной модели барьера оптоэлектронного прибора. Из сравнения экспериментальных и теоретических зависимостей показаны возможные технологические особенности, изменяющие токовые характеристики прибора.

Ключевые слова: фотогальванический прибор, p-n переход, численно-аналитический расчёт, вольтамперные характеристики

Проведено експериментальні та теоретичні дослідження фотоелектричних елементів на основі монокристалічного кремнію. Розглянуто основні теоретичні апроксимації для опису фронтального близько залягає p-n переходу. Запропоновано чисельно-аналітичний підхід до опису дифузійної моделі бар'єру оптоелектронного приладу. З порівняння експериментальних і теоретичних залежностей показані можливі технологічні особливості, що змінюють струмові характеристики приладу.

Ключові слова: фотогальванічний прилад, p-n перехід, чисельно-аналітичний розрахунок, вольтамперні характеристики.

Введение

Мегаваттные установочные мощности фотоэлектрических станций требуют синхронной работы миллионов кремниевых элементов. Стабильность рабочих напряжений и токов каждого элемента выявляется их вольтамперными характеристиками, для описания которых требуются специфические модели фронтальных близко залегающих p-n переходов [1, 2, 3].

Постановка задачи и цель исследования

Точное описание построения силового оптоэлектронного прибора требует детальных расчетов области объемного заряда (ООЗ), размеры которой хоть и составляют микронные длины, но всё же имеют нанометрический градиент распределения встроенного заряда [9]. Подробное описание построения внутреннего электрического барьера позволяет получить оптимальные характеристики генерируемых структур [6, 8], т. е. добиться увеличения фотогенерируемого тока с фотогальванических элементов при увеличении разности потенциалов. Для решения данной задачи необходимо проанализировать существующие модельные подходы к описанию потенциального барьера биполярного полупроводника.

Для экспериментальной части исследования необходимо определить методы получения фотоэлектрических структур, которые бы удовлетворяли двум основным требованиям. Первое, простота технологической цепочки, дающая низкую себестоимость фотогенерируемого ватта электрической энергии. Второе, заключается в высоком потенциальном барьере, который позволяет обеспечивать эффективное разделение фотогенерируемых пар носителей заряда.

Построение потенциального барьера и его аппроксимации

Ставка мировой фотогальванической индустрии на кристаллический кремний оставляет температурную диффузию как основной процесс создания разделительного барьера. Снижение температуры диффузии, диктуемое экономическими ограничениями массового производства