

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І АВТОМАТИКИ

MEASUREMENT, CONTROL AND DIAGNOSIS
IN TECHNICAL SYSTEMS

ЧЕТВЕРТА МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА В ТЕХНІЧНИХ
СИСТЕМАХ (ВКДТС-2017)»

збірник тез доповідей

31 жовтня – 2 листопада 2017 р.

ВНТУ
ВІННИЦЯ
2017

УДК 066.91:005.584.1(045)

ББК 30.10я431

К 95

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки

Головний редактор: **В.В.Грабко**

Відповідальний за випуск: **Кучерук В.Ю.**

Рецензенти: **Стадник Б.І.**, доктор технічних наук, професор
 Кухарчук В.В., доктор технічних наук, професор

Четверта міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2017), 31 жовтня – 2 листопада, 2017 р. Збірник тез доповідей. – Вінниця: ПП «ГД«Едельвейс і К», 2017. – 267 с.

ISBN 978-617-7237-41-8

У збірнику опубліковано матеріали конференції, присвяченої проблемам теоретичних основ вимірювань, контролю та технічної діагностики, інформаційно-вимірювальних технологій та метрології.

УДК 066.91:005.584.1(045)

ББК 30.10я431

ISBN 978-966-2462-97-5

© Вінницький національний технічний
університет, 2017

© Учбово-науковий центр «Паллада», 2017

| | |
|---|--------------|
| доц.; Ю. Ю. Оникієнко, к.т.н. Методика визначення параметрів ідентифікації льотного складу | |
| В. Д. Кузовик, д.т.н., проф.; О. Б. Іванець, к.т.н., доц.; В. Л. Кучеренко к.т.н., доц. Підвищення достовірності діагностування стійкості організму пілотів | 54 |
| В. Б. Большаков, д.т.н., с.н.с.; Н. І. Косач, д.т.н., проф. Сучасні підходи до визнання звт витрати | 55 |
| О. М. Vasilevskyi, DSc, Y. O. Danylyuk Methodology to evaluate the confidence level for calculation of the expanded uncertainty of measurement of ions activity | 57 |
| Е. Й. Маньковська, інженер Методика виконання та метрологічне забезпечення досліджень електрофізичних властивостей металевих аморфних стопів для цілей термометрії | 59 |
| Д. А. Півторак, к.т.н., ст. викладач; С. Л. Лакоза, асистент; О. С. Попов, студент Теоретичні основи використання фотографічного зображення для оцінки висоти сонця та його азимуту | 61 |
| О. П. Чабан, к.т.н.; О. В. Бойко, к.т.н., доц. Використання елементів теорії невизначеності у медичних системах підтримки прийняття рішень | 63 |
| В. М. Севастьянов, к.т.н., доц.; С. В. Зачиняєва Сертифікація персоналу в галузі готельного бізнесу | 64 |
| В. М. Ванько, д.т.н., проф.; О. М. Приходько, аспірант Ймовірнісний метод оцінки якості продукції з використанням FMEA-аналізу | 66 |
| О. М. Васілевський, д.т.н., В. М. Дідич, к.т.н., І. І. Андрікевич, к.м.н. Особливості застосування міжнародного стандарту iso 9001:2015 щодо медичних лабораторій | 67 |
| О. Ярмолюк, аспірант, Н. Є. Гоц, д.т.н., проф. Кваліметричний метод оцінювання якості банківських послуг зацікавленими суб'єктами | 68 |
| В. С. Маньковська, к.т.н.; Т. А. Коваль, студент; А. А. Кашканова, студент Оцінка показників якості розчинної кави | 70 |
| СЕКЦІЯ 2 (SECTION 2) | |
| Первинні вимірювальні перетворювачі та сенсори. | |
| Прилади та методи контролю речовин, матеріалів та виробів | |
| Автор та назва доповіді | стор. |
| О. В. Вовна, д.т.н., доц.; А. А. Зорі, д.т.н., проф.; І. С. Лактіонов, к.т.н.; Р. Н. Ахмедов, аспірант Удосконалення способу компенсації температурного дрейфу вихідного сигналу оптичного вимірювача концентрації метану | 72 |
| О. В. Осадчук, д.т.н., проф.; В. С. Осадчук, д.т.н., проф.; Я. О. Осадчук, асп. Радіовимірювальний тензочутливий перетворювач з активним індуктивним елементом | 75 |
| Yuriy Vashpanov, Dr. of Sci., Prof. Measurement of ethanol concentration with a new gas photovoltaic nanosensor | 77 |
| Й. Й. Білінський, д.т.н., проф., В. П. Стахов, аспірант Пасивний радіочастотний моноімітансний давач з аналого-цифровим перетворювачем | 79 |
| В. П. Квасніков, д.т.н., професор, В. А. Галицький Метод балансування резонатора вібраційного гіроскопу. Основні технічні вказівки | 81 |
| В. С. Осадчук, д.т.н., проф.; О. В. Осадчук, д.т.н., проф.; О. М. Жагловська, к.т.н., старший викладач; Д. С. Коваль, студент Вимірювач рівня рідини з частотним виходом на основі ємнісного чутливого елемента | 84 |
| Д. А. Ковальчук, аспірант; О. В. Мазур, к.т.н., доцент Лабораторна установка для дослідження систем утилізації тепла димових газів як об'єктів керування | 86 |
| С. О. Слободян, к.т.н., проф., І. С. Білюк, к.т.н., доц., А. А. Зубарев, Я. О. Дудков Удосконалення стенда для налагодження паливної апаратури газотурбінних | 88 |

Yuriy Vashpanov, Dr. of Sci., Prof.

MEASUREMENT OF ETHANOL CONCENTRATION WITH A NEW GAS PHOTOVOLTAIC NANOSENSOR

Key words: Measurement, photovoltaic effect, gas sensors

Modern ethanol gas sensors have the limited dynamic range of measurements. For example, dynamic range of measurements for environmental alcohol sensor of Dart Sensors Ltd is 0-250 ppm [1], MR513 Hot-wire type alcohol gas sensor 0-1000 ppm [2], TGS 2620 alcohol vaporsensor 50-5000 ppm [3]. Progress in gas sensors technology has made it possible with a new smart gas sensitivity element.

A photovoltaic junction between nanoporous and crystalline silicon can be produced by electrochemical etching technology of a silicon wafer surface. We found a technology for producing a special gas and light transparent contact for new photovoltaic device. In this paper we report about gas sensitivity properties of these sensors for ethanol vapors.

Porous silicon for this study was formed by anode electrochemical etching of (111) oriented p-type silicon wafer with a resistivity of 10 Ωcm at the current density of 10 mA/cm², in a HF-based solution. During the etching process an additional illumination and an ultrasonic processing was applied to the silicon surface. The thickness of porous silicon layers is found from cross-section scanning electron microscopy (approximately 12 μm at 5 min etching time). Thin porous film from aluminum was manufactured on a surface of porous layer (gas and light transparent contact (C) on Figure 1). This film was transparent to illumination and gas molecules and created electrical contact with porous silicon (electrical contact (A) on Figure 1). Top (A) and bottom electrical contact B to silicon wafer is manufactured by standard technology (Figure 1).

Manufactured porous silicon layer had red ($\lambda_{\text{max}} \approx 780 \text{ nm}$) luminescence under laser illuminations at a wave length of 441.2 nm. This red luminescence had a half-width at half maximum of approximately 0.2 eV. The luminescence in visible range of spectrum is related to quantum wires. Broad band of luminescence peak demonstrates a different thickness of quantum wires. It means that porous silicon has quantum wires with greater band gap than crystalline silicon. Band gaps of our nanowires system are in the ranges of $1.7 \pm 0.2 \text{ eV}$. In our case the photovoltaic junction should be formed between porous silicon and silicon wafer. The light induced heterojunction can be the single reason of occurrence of the photo electromotive force on contacts.

Photo-EMF was observed near the wavelength of light of approximately 730 nm. An increase of ethanol concentration in the measurement chamber leads to a decrease of the Photo-EMF magnitude. Usually photodetectors have a maximum photo-response at a wavelength of light corresponding to band gap energy. In our case the band gap energy of a porous silicon layer equals approximately 1.7 eV (energy of light quantum at wavelength 730 nm).

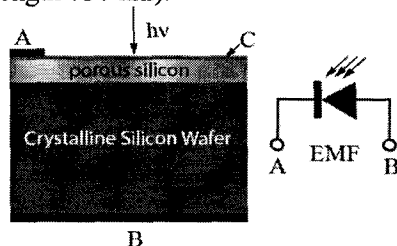


Fig. 1. A cross-section of photovoltaic sensor structure with nanoporous silicon on crystalline silicon wafer

The photo electromotive forces between A and B contacts under illumination of samples were studied in a special measuring chamber at room temperature with different composition of nitrogen atmosphere and ethanol vapors. Magnitudes of electrical voltages (PhotoEMF) between A and B contacts depended on concentration of ethanol vapors in the measurement chamber and intensity of illumination (Figure 2). Different levels of Photo-EMF are detected for different ranges of concentration: from 10 ppm to 1000 ppm at 200 lx, from 1 ppm to 100 ppm at 20 lx and from 0.1 ppm to 10 ppm at 2 lx.

Illumination of porous silicon layer generate electron-hole pairs G in nanowire (generation process is marked in red in Figure 3). These electron-hole pairs recombined through recombination centers

(recombination process is marked in blue in Figure 3). A part of holes reaches to *p*-type region of crystalline silicon. Then photo electromotive force should appear on heterojunction.

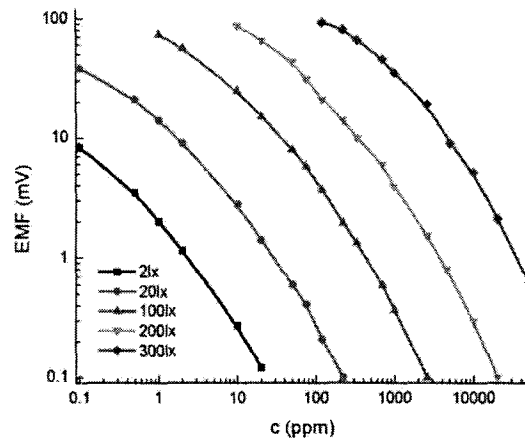


Fig. 2. Dependences of Photo-EMF on concentration of ethanol vapors under different illumination levels

The intensity is inhomogeneous along nanowires. The generation of electron-hole pairs is maximal on top part of the porous layer. A physical mechanism of Photo-EMF should be identical with well-known photo electromotive force of light induced photovoltaic junction.

Ethanol molecules are adsorbed mainly on surface of nanowires (Figure 3). Adsorption of ethanol molecules creates new surface levels. A re-charging of levels in quantum wires and electrical micro fields close to polar ethanol molecules can effect on recombination rates of electron-hole pairs. In our case, the ethanol adsorption substantially influences on magnitude of photo-EMF (Figure 2).

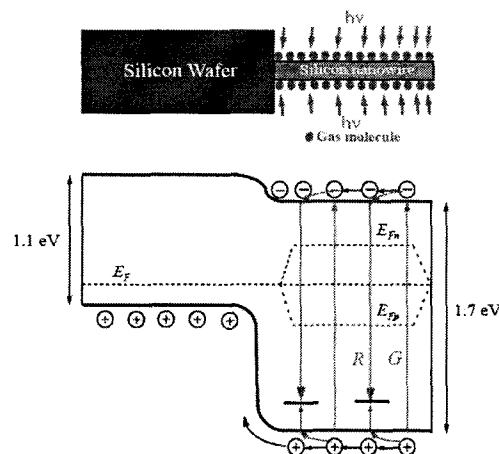


Fig. 3. A model of a new photovoltaic gas sensors and a mechanism of photo- and gas-sensitivity

Based on our results, we conclude that photo-EMF on photovoltaic junction between nanoporous and crystalline silicon depends on ethanol vapors concentration in wide range. In the literature on gas sensors technology (for example, [4]) there is no find information about similar sensors sensitivity. A use of the new photovoltaic gas nanosensors technology will open a new way of building the wide range gas sensors.

References

1. Environmental alcohol sensor. Product information. Dart Sensors Ltd, www.dartsensors.com/.
2. MR513 Hot-wire type alcohol gas sensor. Product information. Hanwei Electronics Co., Ltd, www.hwsensor.com/.
3. TGS 2620 alcohol vaporsensor. Product information. Figaro Engineering, Inc., www.figaro.co.jp/.
4. Soloman Sabrie *Sensors handbook*, Second Edition; McGraw-Hill Companies, New York, 2010; p.923-927.