

ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ TiO_2/Bi_2O_3 НАНОСТРУКТУР

**А.И. Захлебаева¹, Г.Г. Горох¹, В.В. Жилинский², Н.В. Богомазова²*

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, дом 6, e-mail: gorokh@bsuir.by

²Белорусский государственный технологический университет Беларусь, 220006, г. Минск, ул. Свердлова, дом 13а, e-mail: zhilinski@yandex.ru

FORMATION AND STUDY OF MATRIX TiO_2/Bi_2O_3 NANOSTRUCTURES

**A.I. Zakhlebaeva¹, G.G. Gorokh¹, V.V. Zhyllinski², N.V. Bogomazova²*

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics Belarus, 220013, Minsk, P. Brovki str., 6, e-mail: gorokh@bsuir.by

²Belarusian State Technological University Belarus, 220006, Minsk, Sverdlova str., 13a, e-mail: zhilinski@yandex.ru

Nanoscale periodical column-like titanium oxide was formed by anodizing a bilayer composition Ti/Al in the oxalic acid solution with followed vacuum annealing. The microstructure and composition of formed anodic titania have been investigated. The titanium oxide nanostructures were composed of nanoscale quasi-amorphous titania phases of anatase and rutile with minimal inclusions Ti_2O_3 and TiO. Vacuum annealing reduces the content ratio of TiO_2 and increases the quantity inclusions of Ti_2O_3 and TiO. Heterostructures $p-Si/n-TiO_2/p-Bi_2O_3$ were formed on matrix of titanium oxide by chemical deposition. Heterostructures were characterized by step-like heterotransition and can be used in new generation of LED arrays.

Островково-сетчатые матрицы анодного оксида титана (АОТ) формировали электрохимическим анодированием тонкопленочной системы Ti/Al (100 и 1000 нм), напыленной на Si подложку в 0,6 М растворе щавелевой кислоты при напряжении 50 В. После анодирования с поверхности образцов селективно удаляли сформированный анодный оксид алюминия (АОА) в водном растворе ортофосфорной кислоты и хромового ангидрида при $T=60^{\circ}C$, после чего проводили вакуумный отжиг АОТ матриц при $T=430^{\circ}C$ и остаточном давлении $(2-5) \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст. в течение 90 минут.

Электронно-микроскопические исследования сформированных структур показали, что формирование АОТ происходит в виде наноразмерных локальных столбиков, количество и местоположение которых определяется числом пор и расположением оснований оксидных ячеек АОА на поверхности пленки титана, а форма и геометрические размеры в

значительной степени зависят от природы электролита и величины анодного напряжения [1]. В результате исследования состава сформированных столбиков АОТ установлено, что неотожженные матрицы преимущественно состоят из квазиаморфного TiO_2 со структурой рутила и анатаза, что характеризуется наличием на ИК-спектре полос поглощения с $\nu_{\max} = 610 \text{ см}^{-1}$, 525 см^{-1} и $\approx 350 \text{ см}^{-1}$. Также матрицы АОТ включают оксидные модификации титана Ti_2O_3 и TiO , чему соответствуют полосы поглощения с $\nu_{\max} = 1020 \text{ см}^{-1}$, 650 см^{-1} и $\approx 410 \text{ см}^{-1}$. В спектре отражения отожженных структур наблюдается снижение интенсивности и размытие полос поглощения с $\nu_{\max} = 650 \text{ см}^{-1}$, 525 см^{-1} , 425 см^{-1} и $\approx 350 \text{ см}^{-1}$. Отчетливо проявляется полоса $\approx 410 \text{ см}^{-1}$, а также появляются две дополнительных полосы поглощения с $\nu_{\max} = 535 \text{ см}^{-1}$ и 515 см^{-1} , что свидетельствует о валентных колебаниях Ti-O в ромбоэдрической структуре Ti_2O_3 и в структуре монооксида TiO , а также об увеличении разупорядоченности кристаллической структуры и аморфизации структуры оксидов в результате отжига [2]. Таким образом, вакуумный отжиг матриц АОТ приводит к уменьшению относительного содержания TiO_2 и росту доли включений Ti_2O_3 и TiO в структуре столбиков.

На отожженных матрицах АОТ формировали гетероструктуры $p\text{-Si}/n\text{-TiO}_2/p\text{-Bi}_2\text{O}_3$ путем нанесения на поверхность оксида титана 0,3 мл 5% раствора нитрата висмута (III) с последующей выдержкой в 1 М КОН. Полученные структуры сушили при комнатной температуре в течение 1–2 часов, после чего отжигали в атмосфере воздуха при $T = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение двух часов. Для синтезированных структур характерно наличие ступенчатых гетеропереходов $p\text{-Si}/n\text{-TiO}_2$ и $n\text{-TiO}_2/p\text{-Bi}_2\text{O}_3$, что обусловлено дефектной кристаллической структурой островково-сетчатого TiO_2 , сформированного с использованием матриц АОА. Структуры с множественными гетеропереходами обладают рядом перспективных функциональных свойств, таких как хемочувствительность в отношении токсичных газов, высокая стойкость в качестве анодного покрытия для литий-ионных аккумуляторов, повышенная генерационная способность и стабильность в солнечных элементах, селективная фотокаталитическая активность, фотостимулированные электронно-дырочные разделения, и могут быть использованы при создании нового поколения светодиодных матриц и устройств опто- и микроэлектроники.

Литература

1. V.C. Gudla et al., App. Surf. Sci. **324**, 554 (2015).
2. V. Shymanovska et al., J. Nano- Electron. Phys. **3(2)**, 63 (2011).