

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОФІЗИКИ І РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Пирогов Олександр Вікторович

УДК: 621.383.51

**ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ПЛІВОК ДІОКСИДУ ОЛОВА
ДЛЯ БАЗОВИХ ШАРІВ ГАЗОВИХ ДАТЧИКІВ ТА ФРОНТАЛЬНИХ КОНТАКТІВ
СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

01.04.07 – фізика твердого тіла

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Хрипунов Геннадій Семенович,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" МОН України, завідувач кафедри фізичного матеріалознавства для електроніки та геліоенергетики.

**Офіційні
опоненти:**

Захист відбудеться " 30 " червня 2015 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.245.01 в Інституті електрофізики і радіаційних технологій НАН України за адресою: 61003, м. Харків, вул. Гамарника, 2, корпус У-3, НТУ "ХПІ", ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту електрофізики і радіаційних технологій НАН України за адресою: 61024, м. Харків, вул. Гуданова, 13. **Відгук на автореферат дисертації надсилати на адресу: 61002, м. Харків, вул. Чернишевська, 28, а/с 8812.**

Автореферат розісланий " ____ " _____ 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.245.01



Пойда А.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Погіршення екологічної обстановки, завдання підвищення безпеки виробництва та житлово-комунальних комплексів зумовлюють необхідність широкого використання резистивних газових датчиків адсорбційно-напівпровідникового типу, здатних реєструвати наявність у повітрі газоподібних домішок, концентрація яких не повинна перевищувати встановлені гранично допустимі значення. В якості чутливих елементів в таких датчиках традиційно використовують спечені порошки діоксиду олова. Проте виробництво таких датчиків є матеріало- та енергоємним, а їх застосування пов'язане з істотними енерговитратами. Тонкоплівкове виконання газових датчиків сприяє вирішенню цих проблем. Тому в даний час розробляються вакуумні технології отримання газочутливих плівок діоксиду олова. Найбільш перспективним для організації промислового випуску плівкових газових датчиків на основі діоксиду олова на підприємствах України електронного профілю є добре адаптований до умов масового виробництва метод магнетронного розпилення на постійному струмі. Основною проблемою розроблюваних магнетронних технологій є забезпечення відтворення і стабільності електричних властивостей плівок діоксиду олова, оскільки моніторинг газоподібних домішок здійснюється шляхом аналізу зміни електропровідності. Вирішення цієї проблеми є актуальним і для вдосконалення конструктивно-технологічних рішень фронтальних електродів економічних тонкоплівкових сонячних елементів (СЕ) на основі CdS/CdTe, які серед тонкоплівкових приладових структур володіють найбільшим сегментом фотоенергетичного ринку. Одним з напрямків підвищення ККД плівкових СЕ на основі CdS/CdTe є зменшення товщини шару сульфїду кадмію, що збільшує щільність потоку фотонів, які надходять в базовий шар. Однак при зниженні товщини шару CdS спостерігається часткове шунтування СЕ в результаті контакту базового шару з тильним електродом за рахунок наявності пір в сульфїді кадмію або за рахунок витрати сульфїду кадмію на формування прошарку твердого розчину CdS_xTe_{1-x} . Для запобігання шунтування у складі фронтальних електродів СЕ використовують нанорозмірні високоомні прошарки оксидів олова, цинку або молібдену. Емпіричний вибір оксиду і його оптимальної товщини обумовлений відсутністю комплексних досліджень фізичних механізмів впливу конструктивно-технологічних рішень фронтальних електродів на ефективність фотоелектричних процесів в СЕ на основі CdS/CdTe. Отже, незважаючи на значний прогрес у вдосконаленні конструктивно-технологічних рішень плівкових газових датчиків адсорбційно-напівпровідникового типу на основі діоксиду олова і фронтальних електродів плівкових СЕ на основі CdS/CdTe з використанням нанорозмірних шарів SnO_2 , рішення прямої матеріалознавчої завдання для плівок діоксиду олова по встановленню взаємозв'язку в ланцюжку: режими магнетронної технології отримання - параметри кристалічної структури - характеристики фізичних властивостей - вихідні параметри приладових структур, у складі яких вони застосовуються - залишається актуальним завданням фізики твердого тіла.

Експериментально показано, що в СЕ на основі CdS/CdTe, сформованих на скляних підкладках, спостерігається дифузія натрію в базовий шар телуриду кадмію, що призводить до зафіксованим експериментально: збільшення щільності діодного струму насичення і зниженню коефіцієнта квантової ефективності в короткохвильовій частині спектрального діапазону fotocутливості приладової структури. Більші оптимальні товщини прошарку діоксиду олова для СЕ на скляних підкладках, у порівнянні з гнучкими приладовими структурами (зіставте табл. 1 і 2), обумовлені тим, що в першому випадку нанорозмірні шари діоксиду олова не тільки перешкоджають шунтуванню гетероперехода при контакті телуриду кадмію з фронтальним електродом ІТО, але і служать дифузійним бар'єром для атомів натрію. Зниження коефіцієнта корисної дії СЕ ІТО/SnO₂/CdS/CdTe/Cu/Au з 11,3% до 10,8% при переході від скляної на гнучку підкладку обумовлено відсутністю пропускання поліамідної плівки в спектральному інтервалі (300-400) нм і зниженим коефіцієнтом пропускання в спектральному інтервалі (400-900) нм, що призводить до зниження коефіцієнта квантової ефективності у всьому діапазоні fotocутливості та відповідного зменшення щільності струму короткого замикання.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичні завдання відносно розвитку фізико-технологічних основ формування методом магнетронного розпилення на постійному струмі плівкових шарів SnO₂ для газових датчиків та фронтальних електродів плівкових сонячних елементів на основі CdS/CdTe.

1. Встановлено, що відтворюваності питомої електропровідності базових шарів діоксиду олова газових датчиків товщиною 300 мкм, отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі, перешкоджає трансформація в її поверхневому шарі фази діоксиду олова в субоксиди, інтенсивність якої зростає зі збільшенням потужності магнетрона. Збільшення концентрації кисню в складі аргоно-кисневої газової суміші знижує енергетичний вплив на поверхню мішені і відновлює діоксид олова. Тому для підвищення відтворюваності електричних властивостей плівок оксиду олова доцільно знижувати потужність магнетрона до 5 Вт і збільшувати вміст кисню в робочому газі до 50%.

2. Для плівок діоксиду олова товщиною 50 нм, які входять до складу фронтальних електродів плівкових сонячних елементів на основі CdTe/CdS, відтворюваність питомої електропровідності, поряд з описаними вище фізичними механізмами, визначається критичною товщиною кристалізації, при якій відбувається фазова релаксація шарів, що виражається в їх частковій кристалізації, яка має імовірнісний характер. Встановлено, що за рахунок домішково-розмірного фактору вологість розпилювального газу не тільки стримує процес кристалізації, а й перешкоджає утворенню субоксидів, наявність яких разом з аморфною фазою знижує деградаційну стійкість електричних властивостей плівок діоксиду олова.

50 нм. Відмінність оптимальних товщин обумовлено тим, що для SE на скляних підкладках прошарок оксиду олова не тільки перешкоджає шунтуванню сепаруючого бар'єру гетеропереходом nITO - pCdTe, який має високу щільність діодного струму насичення і менший електропір, що шунтує, а й служить бар'єром для дифузії зі скляної підкладки в базовий шар атомів натрію, які для телуриду кадмію є центрами рекомбінації.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Хрипунов Г.С. Влияние технологических параметров на воспроизводимость электрических свойств пленок SnO₂, полученных методом магнетронного распыления / Г.С.Хрипунов, **О.В. Пирогов**, В.О. Новиков, А.Л. Хрипунова // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. – 2014. – Т.11. – №3. – С. 42–48.
2. Хрипунов Г.С. Разработка токопроводящих покрытий для пленочных слоев диоксида олова газовых датчиков абсорбционно-полупроводникового типа / Г.С. Хрипунов, **А.В. Пирогов**, В.А. Новиков, Р.В. Зайцев, Л.В.Зайцева, А.Л.Хрипунова // Журнал нано і електронної фізики. – 2014. –Т.6. – №2. – С. 02016-1 – 02016-5.
3. Хрипунов Г.С. Влияние термически активированных структурных превращений в пленках оксида олова на их электрические свойства / Г.С. Хрипунов, **А.В. Пирогов**, В.А. Новиков // Фізична інженерія поверхні. – 2014. –Т. 12. – №3. – С. 329–338.
4. Хрипунов Г.С. Пленочные солнечные элементы ITO/SnO₂/CdS/CdTe/Cu/Au/ Г.С.Хрипунов, **А.В. Пирогов**, Н.А. Ковтун, Д.А. Кудий, А.Л. Хрипунова // Фізична інженерія поверхні. –2014. – Т. 12. –№4. – С. 466–475.
5. Klochko N.P. Nanoscale tin dioxide films and zinc oxide hierarchical nanostructures for gas sensing applications / N.P. Klochko, K.S. Klepikova, G.S. Khrypunov, **O.V. Pirohov**, V.A. Novikov // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. –2014. – Vol.17 – №4. – P. 358–367.
6. Хрипунов Г.С. Получение пленок диоксида олова для энергосберегающих газовых датчиков / Г.С. Хрипунов, С.Ю.Кривошеев, В.А.Новиков, **А.В. Пирогов** // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. –2014. – Т.1. – С.138–142.
7. Хрипунов Г.С. Влияние наноразмерных слоев диоксида олова на эффективность пленочных солнечных элементов на основе CdS/CdTe / Г.С. Хрипунов, **А.В. Пирогов**, Т.А. Горстка, В.А. Новиков, Н.А. Ковтун // Физика и техника полупроводников. – 2015. –Т. 49. – №3. – С. 406–413.
8. Хрипунов Г.С. Влияние наноразмерной прослойки оксида олова на эффективность фотоэлектрических процессов в пленочных солнечных элементах на основе теллурида кадмия / Г.С. Хрипунов, **А.В. Пирогов**, Д.А. Кудий, Р.В.Зайцева, А.Л. Хрипунова, В.А. Геворкян, П.П. Гладышев // Журнал нано и електронної фізики. – 2015. – Т. 6. – №2. – С. 02016-1 – 02016-5.

9. Sokol E. I., **Pirohov O.V.**, Klochko N.P., Novikov V.A., Khrypunov G.S., Klepikova K.S. Crystal structure of nanoscale tin dioxide films produced by magnetron sputtering // Conference proceeding 34th International Scientific Conference on Electronics and nanotechnology (ELNANO) – K., 2014.– P. 27-31.

10. Хрипунов Г.С., Новиков В.А., **Пирогов А.В.** // Тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» – Харків Ч. II., 2014. – С.100.