

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. І. І. МЕЧНИКОВА

На правах рукопису

ГОЛОВАНЬ НАТАЛІЯ ВАСИЛІВНА

ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЙНО-ДЕСОРБЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ SO_2 , O_2
З ПОВЕРХНЕЮ ТОНКИХ ПЛІВОК CdS , $CdSe$ І ВПЛИВУ НА ЦЮ ВЗАЄМОДІЮ
ЕЛЕКТРОННИХ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄМІ ПЛІВКИ.

01. 04. 10. - Фізика напівпровідників та діелектриків

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата Фізико-математичних наук

Одеса - 1996

АВ 34.225

Дисертація є рукопис

Роботу виконано на кафедрі експериментальної фізики в Одеському державному університеті ім. І. І. Мечникова

Науковий керівник: доктор Фізико-математичних наук, професор Сминтина Валентин Андрійович

Офіційні опоненти: доктор Фізико-математичних наук, професор Швець Валерій Тимофійович, доктор Фізико-математичних наук, зав. лабораторією Тюрін Олександр Валентинович.

Провідна організація: Відкрите акціонерне товариство "Український науково-дослідний інститут аналітичного приладобудування"

Захист дисертації відбудеться 9 квітня 1996 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні Спеціалізованої Вченої Ради Д 05. 01. 07 Одеського державного університету ім.І.І. Мечникова с 270100, м. Одеса, вул. Пастера 27, ВФА >

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці Одеського державного університету

Автореферат розіслано 7 березня 1996 р.

Вчений секретар Спеціалізованої Вченої Ради Д 05. 01. 07 кандидат Фізико-математичних наук, доцент

Федчук Федчук О.П.

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00740443 (M)

ЛНБ ім. В. Стефаника
ДП "Українська бібліотечна асоціація"

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У сучасній сенсорній електроніці особливе значення приділяється розробці ефективних дешевих адсорбційно-чутливих елементів (сенсорів). Незважаючи на те, що сьогодні у світі виробляється багато адсорбційно-чутливих елементів, утворених на основі окисно-металевих плівок і керамічних матеріалів, зацікавленість до розробки чутливих елементів на основі інших матеріалів не знижується. Це пов'язано з різномірністю детектуємих газів, для кожного з яких мають місце оптимальні адсорбенти. Необхідно, також, приймати до уваги, що адсорбент, який проявляє значну адсорбційну чутливість до газу повинен узгоджуватись з рядом жорстких вимог експлуатації.

Однією з перспективних груп матеріалів є широкозонні напівпровідники $A_2 B_6$. Такі напівпровідники можуть бути легко синтезовані у вигляді тонких плівок з розвинутою поверхнею. В останній час розроблені ефективні безвакуумні методи синтезу плівок сполук $A_2 B_6$, зокрема, плівок сульфїду і селенїду кадмїю, які могли б стати основою дешевого промислового виробництва адсорбційно-чутливих елементів. Але складність електронних процесів, які мають місце на поверхні та в об'ємі дрібнокристалічних плівок, обумовлює необхідність проведення спеціальних досліджень. Адсорбційно-десорбційні процеси у даній роботі вивчались на прикладі взаємодії напівпровідників з киснем повітря та мікроконцентраціями сірчаного ангїдрїду SO_2 . Такий вибір газів пов'язаний з тим, що сірчаний ангїдрїд є токсичним газом з допустимою концентрацією 15 ppm ($15 \cdot 10^{-4} \%$) і на практиці його необхідно визначити як домішок у повітряній атмосфері. Проблема пов'язана з тим, що O_2 і SO_2 є акцепторними газами і однаково впливають на напівпровідники CdS , $CdSe$. Таким чином, накопичення досвіду по детектуванню цих газів, а також, необхідність отримання інформації про особливості впливу газової атмосфери на поверхневі та об'ємні властивості напівпровідників обумовлюють актуальність даної роботи.

Мета роботи полягає в дослідженні електронно-молекулярних процесів на поверхні і в об'ємі плівок CdS , $CdSe$ товщина яких порівняна з товщиною області просторового заряду, а також, розробка на основі отриманих знань адсорбційно-чутливих елементів для кисню і сірчаного ангідриду.

Досягнення цієї мети вимагало вирішення ряду завдань:

1. Розробити спеціальну методику вакуумного та безвакуумного способів одержання плівок сульфїду та селенїду кадмїю;
2. Провести дослідження параметрів плівок в залежності від метода їх одержання;
3. Визначити адсорбційну чутливість одержаних плівок, а також, роль таких зовнішніх факторів, як фотозбудження та електричне поле на процеси взаємодії плівки з газовою атмосферою;
4. Виготовити лабораторні зразки та визначити їх основні характеристики.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше:

1. Знайдено, що контакт вакуумно-напилених плівок селенїду кадмїю з повітряною атмосферою, обумовлює їх негативну фотопровідність. Глибокими електронними пастками, які забезпечують негативну фотопровідність згідно моделі Штокмана, є молекули води, що адсорбуються на поверхні плівок селенїду кадмїю.
2. Встановлено, що освітлювання власним світлом плівок CdS , $CdSe$, які знаходяться у атмосфері кисню та сірчаного ангідриду приводить до додаткової адсорбції кисню і мікроконцентрацій сірчаного ангідриду. Фотоадсорбція обумовлена зниженням поверхневого потенціального бар'єру в умовах світла як результат захоплення неосновних нерівноважних носіїв в області просторового заряду.
3. Дослідження методом ESCA складу пульверизованих в атмосфері кисню плівок CdS не показали наявності сторонніх домішок. Таким чином, властивості свіжевиготовлених щарів обумовлюються тільки киснем і набором власних дефектів.
4. Показано, що у діапазоні 280-320 К аномальна температурна

залежність темного струму плівок $CdSe$ обумовлена зміною адсорбційно-десорбційної рівноваги між молекулами води і поверхнею напівпровідника.

5. Встановлено, що протікання інжекційного струму у тонких плівках $CdSe$, CdS стимулює адсорбційну чутливість до сірчаного ангідриду.

Практичне значення роботи

1. Для створення адсорбційно-чутливих елементів може бути використана технологія вакуумного осадження тонких плівок CdS , $CdSe$ та електрогідродинамічної пульверизації.

2. Фактором, що підвищує адсорбційну чутливість до мікроконцентрацій сірчаного ангідриду є відпал плівок CdS при температурі 620 К у кисневій атмосфері.

3. Встановлено, що стабілізація параметрів адсорбційно-чутливих елементів на основі тонких плівок CdS , $CdSe$ досягається через $3 \cdot 10^6$ сек після препаратії.

4. Суттєве підвищення адсорбційної чутливості газових сенсорів на основі тонких плівок досягається при напруженості зовнішнього електричного поля, що забезпечує режим інжекційного струму.

5. Оптимальні вимоги для реєстрації адсорбованого газу досягаються при вимірюванні диференціальної провідності плівок на змінному струмі на частоті 1-10 кГц і вибором робочої точки на інжекційній ділянці вольт-амперної характеристики сенсора за допомогою постійного зміщення.

6. Визначено, що вимірювання мікроконцентрацій сірчаного ангідриду на фоні великих концентрацій кисню повітря здійснюється в тому випадку, коли глибина залягання поверхневого рівня SO_2 перевищує значення цього параметру для O_2 не менш ніж на 0,23 еВ. Ця умова виконується для сульфіду і селеніду кадмію.

Наукові положення, що виносяться на захист

1. Явищем, завдяки якому збільшується адсорбційна чутливість

плівки CdS до сірчаного ангідриду після відпалювання в атмосфері повітря є дифузія атмарного кисню в об'єм напівпровідникового шару, що приводить до збільшення глибини залягання рівня Фермі і зменшення поверхневого потенційного бар'єру.

2. Результатом освітлення в атмосфері повітря плівки CdS , CdSe світлом із області власного поглинання є додаткова адсорбція кисню і сірчаного ангідриду. Механізмом фотоадсорбції кисню і мікроконцентрацій сірчаного ангідриду є зниження при освітленні поверхневого потенційного бар'єру при захоплюванні в області просторового заряду неосновних нерівноважних носіїв.

3. Глибокими електронними пастками, що забезпечують негативну фотопровідність по моделі Штокмана є електронні рівні (глибина залягання 0.45 eV) молекул води, що адсорбуються на поверхні плівки CdSe .

4. Зміщення з температурою адсорбційно-десорбційної рівноваги між парами води і поверхнею плівки є причиною спостереження аномальної температурної залежності темного струму в плівках CdSe .

5. Механізм ізотермічної наростаючої релаксації провідності в пульверизованих плівках CdS пов'язан з перерозподілом електричного поля вздовж всього міжелектродного проміжка і з формуванням біля аноду високоомної області з товщиною біля 50 мікрон.

6. Стимуляція адсорбційної чутливості у режимі інжекційного струму викликана електроадсорбційним ефектом, що виникає при зарядженні зразка інжекційними електронами.

Апробація результатів роботи

Головні результати роботи доповідались і обговорювались на: Всесоюзній науковій конференції "Фізика діелектриків" (Баку, 1982), Всесоюзній науково-технічній конференції "Фізико-хімічні методи та інженерно-технічні рішення у газоаналітичному приладобудуванні" (Одеса, 1984), II Всесоюзній конференції "Матеріалознавство халькогенідних та кисневмістимих напівпровідників" (Чернівці, 1986), Всесоюзній науково-технічній конференції "Сучасні методи і засоби автоматичного контролю

атмосферного повітря і перспективи їх розвитку" (Київ, 1987), III Всесоюзній конференції "Фізика окисних плівок" (Петрозаводськ, 1991), II Всесоюзній конференції по фотоелектричним явищам у напівпровідниках" (Ашхабад, 1991), Міжнародній конференції "ICSFS-6" (Париж, 1992), Міжнародній конференції "EUROSENSOR-V" (Рим, 1992), Міжнародній конференції "GAS SENSOR" (Вільнюс, 1993), V Міжнародній конференції по фізиці і технології тонких плівок "МКФТП-V" (Івано-Франківськ, 1995).

Публікації

Головні результати дисертації викладено у 15 роботах список яких приведено у кінці реферату.

Структура та об'єм роботи

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів з висновками, підсумку і списку літератури, що містить 153 назви. Робота викладена на 146 сторінках, містить 51 малюнок і 2 таблиці.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовані актуальність теми дисертації, її новизна, практична цінність і основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі зроблено короткий огляд і аналіз теоретичних та експериментальних робіт, пов'язаних з дослідженням адсорбційно-десорбційної взаємодії поверхні напівпровідників з газовою атмосферою. Адсорбція на поверхні напівпровідників розглядається у наближенні моделі жорстких зон, або моделі крайового шару на прикладі взаємодії кисню з напівпровідниками n-типу. У рамках цієї моделі електрони описуються нелокалізованими хвильовими функціями, а адсорбуємий атом вносить збурення у періодичну ґратку поверхні напівпровідника, і приводить до виникнення поверхневого рівня на який електрони можуть збуджуватись у тверде тіло.

Перевага моделі жорстких зон полягає у тому, що у першому наближенні математичне формулювання не залежить від хімічної природи адсорбата та деталей локальної хімічної взаємодії.

У розділі показано, також, які фізичні процеси, що мають місце на поверхні та в об'ємі шару лежать в основі метода напівпровідникових адсорбційно-чутливих елементів (сенсорів) для аналізу різних газів. Розглянуті літературні дані про сучасну сенсорну електроніку.

У другому розділі розглядаються технологічні основи виготовлення напівпровідникових плівок сульфїду та селенїду кадмїю, методики експериментальних досліджень і аналіз результатів електрофізичних досліджень плівок сульфїду і селенїду кадмїю. Досліджені у роботі плівки сульфїду і селенїду кадмїю були одержані методом термічного випарювання у вакуумі на скляні, сіталові і полікорові підкладки, а також, підкладки із нержавіючої сталі. Температура випарювача при напыленні шарів селенїду кадмїю дорівнювала 650 С. Омїчні контакти були нанесені або за допомогою галій-їндїєвої евтектики, або напыленням їндїю у вакуумі. При заданих температурі випарювання і часу осадження товщина плівок селенїду кадмїю складала 0.05-0.5 мїкрон. Питома темнова провідність плівок селенїду кадмїю складала $10^{-8} - 10^{-9} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$. Енергія активації температурної залежності електропровідності свіжевиготовлених плівок, виміряна у вакуумі, була 0.63 еВ. Це значення характеризує енергетичне положення основного донора, яким в досліджених зразках є вакансія селену v_{Se}^{+2} . Збільшення енергії активації температурної залежності темнового струму при напуску повітря у вимірювальну камеру до 0.61 еВ. свідчить про перерозподіл електронів між енергетичними станами при адсорбції кисню. Одержане значення енергії активації співпадає з глибиною залягання рівня E_{c} хемосорбованого кисню. Вимірювання термостимульованої провідності свіжевиготовлених зразків дає рівень з глибиною залягання 0.60 еВ, що співпадає з глибиною залягання основного донора.

Частина плівок була отримана методом електрогідродинамічної пульверизації аерозолю розчину реагентів на підкладку. При попаданні аерозолю на підкладку на ній має місце хїмічна реакція типу



Стабільна генерація аерозолу відбувається при потенціалі капіляра 6 кВ. Для виготовлення плівок в якості вихідного матеріалу були використані спиртові розчини CdCl_2 і $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CS}$ з співвідношенням компонент $S/\text{Cd} = 1$.

Температура підкладки підтримувалась 480 с. При цьому хлористий амоній сублімується і вилучається із зони реагування. Тільки но виготовлені методом електрогідродинамічної (ЕГД) пульверизації рідини шари сульфїду кадмію характеризуються значенням питомої електропровідності $10^{-9} - 10^{-10} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$. Температурна залежність темного струму свіжевиготовлених шарів сульфїду кадмію, вимірювана у вакуумі, має дві ділянки з різними нахилами. Енергія активації 0.40-0.43 еВ відповідає глибині залягання основного донора, енергія активації 0.90 еВ обумовлена хемосорбованим киснем і пов'язана із способом виготовлення плівки сульфїду кадмію у кисневій атмосфері. Стабілізація електронних властивостей тонких плівок CdS у кисневій атмосфері проходить за проміжок часу з 10^6 секунд. Склад плівок, отриманих методом електрогідродинамічної пульверизації, досліджувався методом рентгеновської фотоелектронної спектроскопії(РФС). Виявлено, що властивості плівок цілком обумовлюються киснем і набором власних дефектів. Неелементарність максимумів термостимульованої провідності підтверджує множинний характер дефектів.

В роботі використовувались комплексні методики дослідження зразків, для чого були виготовлені кілька вимірювальних установок, конструкції яких описано у даному розділі.

В результаті відпалу при температурі 570 К за проміжок часу 30 хв на температурній залежності темного струму плівок селенїду кадмію, одержаних методом напилювання у вакуумі, з'являється аномальна ділянка. Показано, що причиною спостереження аномальної температурної залежності темного струму (АТЗТС) в плівках CdSe є зміщення з температурою адсорбційно-десорбційної рівноваги між молекулами води і поверхнею плівки.

Розглянуто також збільшення адсорбційної чутливості плівок

сульфіду кадмію, одержаних методом ЕГД-пульверизації до мікроконцентрацій сірчаного ангідриду (SO_2), як наслідок їх відпалу при температурі 620 К за проміжок часу 30-35 хв. Дослідження показали, що при такому відпалі мають місце зміни в об'ємі напівпровідникового шару, які пов'язані з дифузією атомарного кисню в об'єм напівпровідникової плівки. Це приводить до збільшення глибини залягання рівня Фермі і зниженню поверхневого потенційного бар'єру з 0.28 еВ до 0.20 еВ. При цьому зменшується, як висота бар'єру на зовнішній поверхні плівки, так і висоти міжкристаллічних бар'єрів, що підтверджується зростанням ефективної рухливості електронів, вимірної по методу фотоспалаху. Наслідком зменшення поверхневого потенційного бар'єру є збільшення адсорбційної чутливості плівок до акцепторного газу сірчаного ангідриду.

Третій розділ відбиває результати дослідження особливостей фотоелектричних характеристик плівок сульфідів та селенідів кадмію, що знаходяться у різних газових атмосферах.

Наявність молекул H_2O хемосорбованих на поверхні напівпровідникової плівки суттєво відбивається на фотоелектричних процесах, що мають місце у плівці. Показано, що характерна для досліджуваних плівок селенідів кадмію негативна фотопровідність (НФП), що спостерігається при освітленні білим світлом, зумовлена глибокими електронними пастками (0.45 еВ), створеними молекулами води. Така природа центру відповідає експериментально спостерігаємої зміні НФП на звичайну фотопровідність при низькотемпературному відпалі у вакуумі до температури 100 С, або при заміні атмосфери повітря на осушену суміш кисню і азоту (40% O_2 + 60% N_2).

Досліджено вплив освітлення із області власного поглинання на адсорбційну чутливість плівок CdS і CdSe . Зміни, що мають місце на поверхні плівки, контролювались методом Кельвіна. Було з'ясовано, що при освітленні гелій-неоновим лазером ($\lambda = 640 \text{ нм}$) з інтенсивністю $\geq 2 \text{ мВт/см}^2$, поверхневий потенціал немонотонно змінюється з часом. Порівняння часу життя τ_p дірок, що знаходяться

у вільному стані, з часом $t_{\text{пр}}$, під час якого дірки дрейфують до поверхні у полі поверхневого потенційного бар'єру показує, що у даних умовах $t_{\text{пр}} > \tau_p$. Таким чином, реалізується ситуація, коли основна частина дірок захоплюється в об'ємі плівок центрами рекомбінації. В умовах фотозбудження носії просторово розділяються полем бар'єру. Внаслідок відходу електронів у глибину плівки і захоплення дірок в області просторового заряду поверхневий потенційний бар'єр знижується. Так як поверхня плівки постійно знаходиться у контакті з атмосферою кисню, то, як тільки бар'єр опиняється пониженим в порівнянні зі своїм рівноважним значенням, починає проявлятися ефект додаткової адсорбції (фотоадсорбції) кисню. Подібні залежності поверхневого потенціалу при освітленні власним світлом спостерігаються і для плівок CdS , CdSe , що знаходяться у контакті з атмосферою сірчаного ангідриду. Таким чином, освітлення поверхні таких шарів власним світлом сприяє фотоадсорбції сірчаного ангідриду і кисню. При цьому не виключається можливість спостереження кисню, десорбованого з поверхні, як це було відзначено у деяких роботах. Це пояснюється тим, що в усіх випадках частина дірок досягає поверхні, захоплюється там на рівні хемосорбованого кисню і викликає десорбцію молекул газу. Співвідношення між часом життя τ_p нерівноважних дірок і часом прольоту $t_{\text{пр}}$ ними бар'єрної області визначає, чи буде внаслідок освітлення концентрація адсорбованого газу збільшуватись чи зменшуватись. Для різних напівпровідникових матеріалів відношення $t_{\text{пр}} / \tau_p$ може бути як більше, так і менше 1, що і пояснює розбіжність експериментальних даних взаємодії освітлюваної поверхні напівпровідника з газовим оточенням.

У четвертому розділі описані адсорбційно-чутливі елементи на основі тонких плівок сульфиду кадмію, синтезованих методом електрогідродинамічного розпилення рідини і з'ясована природа адсорбційної чутливості цих плівок до кисню і мікроконцентрацій сірчаного ангідриду (концентрація SO_2 15 ppm).

Експериментально було встановлено, що адсорбційна чутливість спостерігалась при напругах 40-50 В і температурах 90-100 С.

Процес адсорбції супроводжується зміною концентрації вільних електронів поблизу поверхні до нового рівноважного значення. Зміни провідності при цьому будуть зумовлені процесами, що мають місце у тонкому приповерхневому шарі порядку дебаєвської довжини екранування. Експерименти, показали, що провідність шару сульфїду кадмію залежить від матеріалу підкладки. Суттєвим є те, що коли плівки сульфїду кадмію, що напилені методом ЕГДР на скляні підкладки, підключити до джерела постійної напруги, то значення темнових струмів стають нестабільними. У той же час плівки, що нанесені на підкладки з сіталлу полікору та кварцю мають стабільні значення темнових струмів при підключенні напруги. Цікавим експериментальним фактом є те, що при даних умовах адсорбційна чутливість до мікроконцентрацій сірчаного ангїдрїду спостерігається тільки у плївок з нестабільною темною провідністю, нанесених на скляні підкладки, і ніколи не спостерігається у стабільних плївках, що одержані на підкладках з сіталлу, полікору, кварцю.

Протікання релаксаційного процесу у зразку супроводжується порушенням електричної однорідності зразка і при фотозондових вимірюваннях вздовж зразка реєструється високоомна область $сво мкм$.

Відпал зразків при температурі $200^{\circ}C$ у відсутності поля приводить до відтворення їх однорідності. Таким чином, експеримент показує, що перерозподіл концентрації локальних центрів має місце не у межах одного кристалїту, а у межах усїєї довжини зразка. Вольтамперна характеристика (ВАХ) зразка стає надлінійною. Безумовною є кореляція між появою чутливості зразка до сірчаного ангїдрїду і наявністю надлінійної ділянки на вольтамперній характеристиці. Тільки но виготовлені пульверизовані зразки сульфїду кадмію однорідні по опору та при використаному міжелектродному проміжку (0.1 см) інжекційна ділянка очікується лише при напругах 100 В (напруженість поля 10^3 В/см). Але ж реально відхилення від омїчної залежності спостерігаються вже при напрузі $v = 15$ В. Це пов'язано з тим, що після підключення до

зразку значних напруг однорідність зразка порушується.

Проведені експерименти однозначно свідчать про необхідність режиму протікання інжекційного струму, або струму обмеженого просторовим зарядом для стимуляції адсорбційної чутливості. Показано, що наслідком протікання інжекційного струму у тонкоплівковому зразку є накопичення у напівпровіднику значного негативного заряду (з.б Кул/м³). Цей заряд, інжектований у напівпровідник електронів, створює умови для прояви електроадсорбційного ефекту. Негативний заряд, накопичений у напівпровіднику n - типу (у нашому випадку це напівпровідники CdS, CdSe) ефективно стимулює адсорбцію акцепторних газів. В наших елементах надійно реєструвались концентрації сірчаного ангідриду у діапазоні 5-30 ppm.

Велика напруженість електричного поля у зарядженому прошарку, що контролює струм, з'являється дуже корисною для роботи адсорбційно-чутливих елементів, так як за рахунок ефекту Пуля-Френкеля, а також внаслідок деформації кулонівського потенціалу біля електронної пастки, створеної адсорбованою молекулою SO₂, прискорюється десорбція хемосорбованих молекул після зняття аналізованого газу. Розрахунок приведений у розділі, свідчить про зниження сталої часу у 2.7 рази при відтворенні рівноважного стану після зняття тиску газу.

Розуміння фізичних процесів, що мають місце на поверхні напівпровідникової плівки та в її об'ємі при адсорбції газів дозволило зробити такий адсорбційно-чутливий елемент в якому штучно створюються умови, що сприяють вимірам адсорбційної чутливості. Головною особливістю такого елемента є інжекційний механізм протікання струму і проява електроадсорбційного ефекту при низькій робочій нарузі. Реалізація цих процесів стала можливою завдяки створенню елементів з міжелектродним проміжком, який не перевищує 50 мкм, що забезпечує при низьких робочих напругах реалізацію інжекційного механізму протікання струму і прояви електроадсорбційного ефекту. Новий адсорбційно-чутливий елемент захищено патентом №1790757. Суттєвого підвищення

детектуючої здібності адсорбційно-чутливого елемента вдалося отримати, також, за рахунок реєстрації диференціальної провідності, а не статичної, як це прийнято традиційно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. Дослідження, проведені на тонких плівках CdSe , показали, що активною компонентою повітря, що впливає на електрофізичні властивості плівок є не тільки кисень, але й пари води. Зміна адсорбційно-десорбційної рівноваги між поверхнею напівпровідника і молекулами води приводить до аномальної температурної залежності темногого струму.

2. Наявність молекул H_2O на поверхні напівпровідникової плівки суттєво відбивається на фотоелектричних процесах, що мають місце у плівці. Досліджена негативна фотопровідність добре узгоджується з моделлю Штокмана, де роль електронних пасток грають різнні, що утворені молекулами води.

3. Освітлення напівпровідникових плівок сульфїду та селенїду кадмїю впливає на адсорбційні процеси. Спостережена фотоадсорбція кисню і мікроконцентрацій сірчаного ангїдрїда при освітленні плівок CdS , CdSe . Ці явища підтверджують тісну взаємодію між поверхневими процесами та процесами, що мають місце в об'ємі плівки. Накопичення нерівноважних дірок в області просторового заряду приводить до зниження поверхневого потенційного бар'єру і, як наслідок, до додаткової адсорбції акцепторних газів.

4. Виявлена різька неоднорідність в розподїлі потенціалу в міжелектродному проміжку адсорбційно-чутливого елемента, виготовленого на базі тонких пульверизованих шарів CdS . Високоомний шар з товщиною 50 мкм формується завдяки дрейфу заряджених домішок і тому йому притаманна достатня стабільність.

5. Накопичення нерівноважного заряду електронів, інжектованих у високоомний напівпровідниковий прошарок, сприяє умовам для прояви електроадсорбційного ефекту. Таким чином, негативний заряд, накопичений у напівпровідниках n-типу CdS , CdSe ефективно

стимулює адсорбцію акцепторних газів.

6. Велика напруженність електричного поля у зарядженому прошарку, що контролює струм, прискорює десорбцію зменшуючи сталу часу десорбції у 2.7 раза.

7. Виявлені фізичні процеси, що мають місце на поверхні плівки та в її об'ємі при адсорбції, газу дозволили зробити такий адсорбційно-чутливий елемент який надійно реєструє концентрацію сірчаного ангідриду у діапазоні 5-30 ppm.

Головні результати дисертації опубліковано у роботах:

1. Головань Н.В., Смытына В.А., Нестационарные процессы на границах кристаллитов в диэлектрических пленках селенида кадмия // Всесоюзная научная конф. "Физика диэлектриков" : тез. докл. - Баку, 1982. - С. 77.
2. Головань Н.В., Смытына В.А. Влагочувствительные элементы на основе тонких пленок селенида кадмия // Всесоюзная научно-техническая конференция "Физико-химические методы и инженерно-технические решения в газоаналитическом приборостроении" : тез. докл. -Одесса, 1984. -С.113.
3. Головань Н.В., Кальницкий В.Г., Смытына В.А., Шмилевич А.М. ППЧЭ на основе пульверизованных слоев CdS и стабилизация их параметров // Всесоюзная конференция "Современные методы и средства автоматического контроля атмосферного воздуха и перспективы их развития" : тез. докл. - Киев, 1987. - с. 67-68.
4. Головань Н.В., Смытына В.А. Влияние поверхностных электронно-молекулярных процессов на температурный коэффициент сопротивления пленок $CdSe_{1-x}O_x$. Сб. научных трудов ВНИИАП, Киев, изд. ВНИИАП, 1988. - С.68-72.
5. Головань Н.В., Смытына В.А. Фотоадсорбция кислорода и сернистого ангидрида на полупроводниковых слоях CdS и $CdSe$ // Фотозлектроника. - 1990. - В. 4. - С. 59-62.

6. Головань Н.В., Смынтина В.А., Отрицательная Фотопроводимость окисленных полупроводниковых пленок $CdSe_{1-x}O_x$ // III Всесоюзная конференция "Физика окисленных пленок" : тез. докл. - Петрозаводск, 1991. - С. 37.
7. Головань Н.В., Сердюк В.В., Смынтина В.А. Аномальная Фотoadсорбция на поверхности селенида кадмия // II Научная конференция "Фотозлектрические явления в полупроводниках": тез. докладов.- Ашхабад, 1991 - С. 49.
8. Mattogno G., Smyntyna V., Golovan N. XPX of Semiconducting Layers for Gas Detection // 6th International Conference on Solid Films and Surfaces.: Proc. ICSFS-6, 1992. - P. 152.
9. Головань Н.В., Смынтина В.А. Стимуляция адсорбционной чувствительности пленок сульфида кадмия // Фотозлектроника. - 1992. - в. 2. - С. 74-78.
10. Головань Н.В., Смынтина В.А., Шмилевич А.М. Влияние адсорбции сернистого ангидрида на поверхностный потенциал пленок сульфида кадмия // Журн. Физ. химии - 1992. - Т. 66 - С. 1073-1076.
11. Golovan N., Smyntyna V. The sensitization of semiconductor gas sensors // Sens. and Act. -1992. -V. B6. -P. 289-292.
12. Головань Н.В., Смынтина В.А. Чувствительный элемент газоанализатора - Патент № 1790757.
13. Golovan N. Field induced desorption processes in semiconductor sensors // Abst. Vilnius Conference on Gas Sensors, Vilnius, 1993. -P 13.
14. Головань Н.В., Смынтина В.А., Бобров А. Влияние электрического поля на десорбцию SO_2 с поверхности пленок CdS // Поверхность. Физика, химия, механика. - 1995. -N 2 -С. 45-48.
15. N. Golovan, V. Smyntyna., Photoadsorption of SO_2 on the surface of CdS -based thin films // Международная конференция по физике и технологии тонких пленок МКФТПП-V: тез. докл. - Ивано-Франковск, 1995. - С. 75.

Подп. в печ. 4.02.96 Формат 60x84 1/16 Офсетная печать
Бумага финская Заказ 77 Тираж 100

Производственно-полиграфический отдел ОЦНТЭИ
Украина, 270026, г.Одесса, ул.Ришельевская, 28

WU 531

AB 34.395