

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1000776098

Дата перевірки:
14.12.2019 22:15:33 GMT+0

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.12.2019 12:27:50 GMT+0

ID користувача:
90740

Назва документу: 2019_ Клименко Владислав_ Пезофототронний ефект в діодних ст

ID файлу: 1000786846 Кількість сторінок: 11 Кількість слів: 4881 Кількість символів: 37285 Розмір файлу: 61.99 KB

16.2% Схожість

Найбільша схожість: 8.69% з джерело <http://od-finogenov.edu.kpi.ua/lib/exe/fetch.php?media=metodi:startup.docx>

15.4% Схожість з Інтернет джерелами 25 Page 13

11.9% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 169 Page 13

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

6.82% Вилучень

Джерела менше, ніж 8 слів автоматично вилучено

6.82% Вилучення з Інтернету 4 Page 14

Вилучений текст з Бібліотеки відсутній

Підміна символів

Заміна символів 30

« П'езофототронний ефект в діодних структурах »

Клименко Владислав Анатолійович.

Ключові слова: п'езотроніка, п'езофототроніка, п'езопотенціал, М-Н/п – метал-напівпровідник, ДМОН – Додатковий метал-оксид-напівпровідник, ПЗТ – п'езотехнологічна плівка, гетероструктура, опір по постійному струму, диференційний опір, чутливість, висота бар'єру, коефіцієнт випрямлення, відгук по зміні опору, інтерфейс, деформація, нанодріт.

Короткий зміст роботи: дана дипломна робота присвячена дослідженню діодних структур на основі тонких плівок А2В6 із п'езотронним та п'езофототронним ефектами, в ній представлено результати інженерних, експериментально отриманих, залежностей параметрів та характеристик п'езоплівки, використовуваних в п'езотроніці та п'езофототроніці.

У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд науково-технічної інформації по п'езотроніці та п'езофототроніці як окремого різновиду приладів та пристроїв, основні параметри та характеристики п'езотроніків і п'езофототроніків, та підтверджена перспективність їх розробки. В оглядовій частині також приведені основні існуючі види матеріалів, що володіють явищем п'езотроніки і п'езофототроніки, та принципи їх роботи. В експериментальному розділі приведений детальний опис практичних досліджень вольт-амперних характеристик. В інженерно-розрахунковому розділі наведені формули та обчислення параметрів і характеристик для додаткового аналізу зразків.

АНОТАЦІЯ

Дана дипломна робота присвячена дослідженню діодних структур на основі тонких плівок А2В6 із п'езофототронним ефектом. В ній представлені результати інженерно-практичних досліджень та розрахунків вольт-амперних характеристик при змінному прикладеному тиску і освітленні в системі гетероструктури.

Робота складається із вступу, аналізу літератури, теоретичної частини, експериментальної частини, інженерних розрахунків, стартап розділу та висновків. У вступі сформульовано головну задачу роботи і показано її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд науково-технічної інформації по п'езофототроніці і п'езотроніці як окремих різновидів приладів та пристроїв, їх основні параметри та характеристики, підтверджена перспективність розробки останніх. В теоретичній частині приведені основні існуючі види матеріалів, що володіють явищем п'езофототроніки і п'езотроніки, принципи їх роботи. В експериментальному розділі представлено основні етапи практичних досліджень п'езоелектричних плівок, виконаних у вигляді діодних структур, розроблену технологію осадження п'езоелектричних структур вакуумним методом термічного осадження в квазі-замкнутому просторі. Досліджено вольт-амперні характеристики (ВАХ) гетероструктур на основі плівок А2В6 в умовах вимірювання без тиску при увімкненому та вимкненому світлодіоді; при прикладанні тиску до структури при увімкненому та вимкненому світлодіоді; при скручуванні при увімкненому та вимкненому світлодіоді.

Вступ

Сучасна електроніка та оптоелектроніка зазвичай засновані на Si, II - VI і III - V складних напівпровідникових матеріалах із акцентом на технології ДМОН(додатковий метал-оксид-напівпровідник), світлодіодах, фотонних детекторах, сонячних елементах і перетворювачах енергії. Розробки в області створення нових п'езоелектричних перетворювачів є необхідними в зв'язку з різноманітними областями їх застосування[1]:

- в приладах для вимірювання параметрів механічних процесів, в тому числі: сили, акустичного і швидкозмінного тиску, лінійних і кутових прискорень, а також вібрації, ударів;
- в гідроакустиці і дефектоскопії як випромінювачі ультразвуку;
- для юстування дзеркал оптичних приладів та виконавчих елементів систем автоматики;

• в смугових фільтрах, лініях затримки, перетворювачах переміщення або приєднаної маси в частоту для датчиків рівня, щільності та ін. в якості п'єзоелектричних резонаторів, що найбільш ефективно випромінюють і приймають енергію на фіксованій резонансній частоті.

П'єзоелектрика спирається на перовскітні матеріали, які не використовуються в електроніці та оптоелектроніці. Внаслідок гігантських відмінностей в системах матеріалів, перекриття між п'єзоелектрикою і оптоелектронікою досить обмежене. З використанням вюрцитних матеріалів, таких як ZnO, GaN і InN, які одночасно володіють п'єзоелектричними і напівпровідниковими властивостями, науковці зв'язали п'єзоелектрику з оптоелектронними процесами збудження і створили кілька нових областей, рис. 1. Основа спирається на п'єзопотенціал, який створюється в п'єзоелектричному матеріалі шляхом прикладання тиску (деформації), шляхом поляризації іонів в кристалі. П'єзотроніка – окремий підвид електроніки, пристрої якого виготовлені з використанням п'єзопотенціалу в якості напруги «затвору» для керування перенесенням заряду на межі розподілу. П'єзофототронний ефект полягає в використанні п'єзопотенціалу для управління генерацією, перенесенням, поділом і / або рекомбінацією носіїв для поліпшення характеристик оптоелектронних пристроїв, таких як фотонний детектор, сонячний елемент і світлодіод.

Рис. 1. Принципова схема, що показує тристоронній зв'язок між п'єзоелектрикою, фотозбудженням і напівпровідником. Схема є основою п'єзотроніки (п'єзоелектрико-напівпровідниковий зв'язок), п'єзофотоніки (п'єзоелектрично-фотонний зв'язок збудження), оптоелектроніки і п'єзофототроніки (п'єзоелектрика-напівпровідник-фотозбудження).

Прогнозуються потенційні застосування п'єзотроніки, п'єзофототроніки і наногенераторів, які є важливими напрямками і полями досліджень в майбутньому. П'єзотроніка матиме важливе застосування в сенсорах, кремнієвій електроніці, MEMS технологіях, наноробототехніці і активній гнучкій електроніці. Ми очікуємо в найближчому майбутньому застосування п'єзотроніки і п'єзофототроніки в сенсорних мережах, біо-науці, енергетиці а також в інтеграції інтерфейсу людина-машина.

1. Основи п'єзо- та п'єзофототронних явищ

На початку **XXI** століття п'єзотехніка переживає бум у своєму розвитку. Розширюються сфери застосування п'єзоелектричних перетворювачів різного призначення: від п'єзо-запальничок, акустичних випромінювачів і приймачів до комутуючих пристроїв, компенсаторів вібрацій і мікро-роботів. Незважаючи на те, що п'єзоефект був відкритий ще в XIX столітті, а з другої половини XX активно розвивалася теорія і технологія створення п'єзокерамічних матеріалів, вважається, що п'єзокераміка - один з перспективних матеріалів XXI століття.

1.1. Система матеріалів для п'єзотроніки і п'єзофототроніки

Одномірні наноматеріали, такі як нанодропи і нанострічки, ідеально підходять для п'єзотроніки і п'єзофототроніки, оскільки вони можуть витримувати великі механічні навантаження. ZnO, GaN, InN і, можливо, леговані матеріали PZT є потенційними кандидатами для п'єзотроніки. В даний час найбільш популярною структурою є нанодріт ZnO за трьома основними причинами. По-перше, його можна легко вирощувати в великих кількостях, використовуючи паро-твердий процес або хімічний підхід при низькій температурі. По-друге, такі нанодропи біологічно сумісні і екологічно чисті. Нарешті, вони можуть бути вирощені на підкладці і будь-якій формі підкладки. Зростання твердої речовини в парах зазвичай відбувається в трубчастій печі шляхом випаровування порошків ZnO в присутності вуглецю при температурі близько 900°C. Візерункове зростання можливе при введенні каталізатора Au.

1.2. П'єзотроніка

Вплив п'єзопотенціалу на контакт метал-напівпровідник

Коли метал і напівпровідник n-типу утворюють контакт, на межі розподілу створюється бар'єр Шоткі ($e\Phi_{SB}$), якщо робота виходу металу помітно більше, ніж близькість електрону до напівпровідника (рис. 1.2а). Струм може проходити через цей бар'єр тільки в тому випадку, якщо прикладена зовнішня напруга більше порогового значення (Φ_0) і його полярність позитивна на металевій стороні (для напівпровідника n-типу). Якщо на межі розподілу застосовано збудження фотону, нові електрони, що генеруються в зоні провідності, прагнуть відійти від контакту, тоді як дірки прагнуть наблизитися до межі розподілу до металевої сторони. Накопичені дірки на межі розподілу змінюють профіль локального потенціалу, так що ефективна висота бар'єру Шоткі знижується (рис. 1.2б), що збільшує провідність.

Як тільки в напівпровіднику, що також володіє п'єзоелектричними властивостями, створюється деформація, негативний п'єзопотенціал на стороні напівпровідника ефективно збільшує локальну висоту бар'єру Шоткі до експоненти (рис. 1.2в), в той час як позитивний п'єзопотенціал зменшує висоту бар'єру. Роль п'єзопотенціалу полягає в тому, щоб ефективно змінювати локальні контактні характеристики через внутрішнє поле в залежності від кристалографічної орієнтації матеріалу і знаку деформації. Таким чином, процес перенесення носія налаштовується / контролюється на контакті метал-напівпровідник (М-Н/п). Розглядаючи зміну полярності п'єзопотенціалу шляхом перемикання деформації з розтягування на стиск, характеристики локального контакту можна налаштовувати і регулювати величиною деформації і знаком деформації. [14, 23] Отже, перенесення заряду через поверхню розподілу може бути в значній мірі продиктоване створеним п'єзопотенціалом, який виконує роль затвору. Це основа п'єзотроніки.

З іншого боку, якщо ми порушуємо контакт М-Н/п фотонами, енергія яких перевищує ширину забороненої зони напівпровідника, електронно-діркові пари генеруються поблизу контакту. Наявність вільних носіїв на межі розподілу може ефективно зменшити висоту бар'єру Шоткі. Отже, п'єзопотенціал може збільшувати локальну висоту бар'єру, тоді як лазерне збудження може ефективно зменшувати локальну висоту бар'єру. Два ефекти можуть бути застосовані взаємодоповнюючим чином для управління областю заряду, що утворює зону виснаження заряду.

Рисунок 1.2. Діаграма енергетичної зони для ілюстрації впливу лазерного збудження і п'єзоелектрики на поверхню контакту метал-напівпровідник з контактом Шоткі. (А) Зонна діаграма на межі розподілу М-Н/п з контактом Шоткі. (Б) Зонна діаграма на контакті Шоткі після збудження лазером із енергією фотона, яка перевищує ширину забороненої зони, що еквівалентно зменшенню висоти бар'єру Шоткі. (В) Зонна діаграма на контакті Шоткі після прикладення напруги в напівпровіднику. П'єзопотенціал, створений в напівпровіднику, низький, і має полярність у кінці в з'єднанні з металом.

Наявність такої вільної від носіїв зони може значно посилити п'єзоелектричний ефект, оскільки п'єзо-заряди будуть в основному зберігатися без екранування локальними залишковими вільними носіями. Для випадку, коли сторона р-типу є п'єзоелектрична і прикладена деформація, локальні кінцеві негативні п'єзо-заряди зберігаються на стику (в переході) за умови, що легування відносно мале, так що локальних вільних носіїв недостатньо щоб повністю екранувати п'єзо-заряди. П'єзопотенціал має тенденцію злегка піднімати локальну смугу і вносити повільний нахил в структуру смуги. [7] В іншому випадку, якщо прикладена деформація перемикається в знак, позитивні п'єзо-заряди на межі розподілу створюють провал в локальній смузі.

Модифікація в локальній смузі може бути ефективною для захоплення дірок, так що швидкість рекомбінації електронних дірок може бути значно збільшена, що дуже корисно

для підвищення ефективності світлодіоду. Крім того, похила смуга має тенденцію змінювати рухливість носіїв, що рухаються в напрямку з'єднання.

Аналогічним чином, якщо сторона n-типу є п'єзоелектричною, аналогічна зміна зонної структури може бути викликана п'єзоелектричним ефектом. Модифікація зонної структури на межі розподілу / з'єднання п'єзоелектричними зарядами вносить деякі фундаментальні зміни в локальну зонну структуру, яка ефективна для управління характеристиками пристрою.

Для p-n-переходу, виконаного з двох матеріалів з чітко різними забороненими зонами, локальні п'єзо-заряди також можуть істотно впливати на профіль смуги, так що перенесення носіїв заряду через інтерфейс буде значно змінений. Тому наявність п'єзо-зарядів на стику(в переході) може бути корисною для деяких оптоелектронних процесів.

1.3. П'єзофототроніка

Присутність локалізованих п'єзоелектричних зарядів у переході (з'єднанні) може істотно вплинути на поведінку носіїв заряду і відповідні оптоелектронні властивості. Це п'єзофототронний ефект, який є наслідком впливу п'єзопотенціалу на генерацію, перенесення, поділ та / або рекомбінацію носіїв заряду в переході (з'єднанні) і являє собою тристоронній зв'язок між п'єзоелектрикою, поведінкою напівпровідника і збудженням фотонів. Тепер ми використовуємо три приклади, щоб проілюструвати п'єзофототронний вплив на сонячний елемент, фотоприймач і світлодіод.

1.3.1. П'єзофототронний ефект в фотодетекторі.

Основний принцип фотонного детектора заснований на фотоелектричному ефекті, в якому пари електрон-дірка, що генеруються фотоном, поділяються або рп-переходом, або SBH. В такому випадку SBH важливий для чутливості виявлення фотонного детектора. Налаштовуючи висоту SB в УФ-датчику на основі дроту ZnO шляхом додавання деформації, ми можемо поліпшити чутливість УФ-детектора, особливо коли інтенсивність освітлення досить слабка.

Рисунок 1.3. П'єзофототронний вплив на квантовий детектор. Підвищення чутливості виявлення фотонів п'єзофототронним ефектом. Чутливість ZnO провідного УФ-детектора (в одиницях A/W) як функція деформації при різній інтенсивності збуджуючого світла в натуральному логарифмічному масштабі. [6]

Відгук фотоприймача відповідно підвищується на 530%, 190%, 9% і 15% при впливі на провід 4.1, 120.0, 4.1, 180.4 нВт ультрафіолетовим випромінюванням на дроті шляхом введення деформації стискання -0,36% (Рис. 1.3), який ефективно налаштував висоту SB на контакт з допомогою створеного локального п'єзопотенціалу. [6, 25] Чутливість до слабого світлового освітлення особливо підвищується за рахунок введення напруги, хоча остання практично не впливає на чутливість до сильного світлового освітлення. Наші результати показують, що п'єзофототронний ефект може збільшити чутливість виявлення більш ніж в п'ять разів для виявлення світла з pW рівнями потужності.

1.3.2. Теорія п'єзофототроніки

Розроблена теоретична структура п'єзофототроніки, вивчено випромінювання фотонів на рп-переході і детекторі фотонів в присутності локальних п'єзоелектричних зарядів. [26, 27] Аналітичні результати в спрощених умовах отримані для розуміння основної фізики п'єзофототронних пристроїв, а також розроблені чисельні моделі для ілюстрації процесу фотонної емісії та транспортних характеристик носія п'єзоелектричного світлодіоду в практичному випадку. Теоретичні результати підтверджують експериментальні дані і наші фізичні картини для п'єзофототроніки. Теорія не тільки встановлює міцний фізичний фон п'єзофототроніки, але також забезпечує теоретичну підтримку для керівництва експериментальним дизайном.

Висновки і перспективи

З використанням вюрцитних матеріалів, таких як ZnO, GaN і InN, які одночасно мають п'єзоелектричні і напівпровідникові властивості, ми зв'язали п'єзоелектрику з

оптоелектронними процесами збудження і створили кілька нових полів (рис. 1). [7] Основа спирається на п'єзопотенціал, який створюється в п'єзоелектричному матеріалі шляхом прикладання напруги, і він створюється поляризацією іонів в кристалі. П'єзотроніка - це пристрої, виготовлені з використанням п'єзопотенціалу як напруга «затвору» для налаштування / управління перенесенням заряду на контакті або з'єднанні. П'єзофототронний ефект полягає в використанні п'єзопотенціалу для управління генерацією, перенесенням, поділом і / або рекомбінацією носіїв для поліпшення характеристик оптоелектронних пристроїв, таких як фотонний детектор, сонячний елемент і світлодіод.

П'єзотроніка, ймовірно, буде мати важливе застосування в сенсорах, взаємодії людини з Si електронікою, MEMS, нано-робототехніці і активній гнучкій електроніці. Ми очікуємо в найближчому майбутньому застосування п'єзотроніки і п'єзофототроніки в сенсорних мережах, біо-науці, людинно-машинному інтерфейсі і інтеграції, а також в енергетиці.

В главі проаналізовано конструкції п'єзоелектричних перетворювачів; функціональне призначення складових п'єзоелектричного перетворювача; етап розробки конструкції п'єзоелектричного перетворювача.

2. Експериментальна частина.

2.1. Технологія осадження плівок групи A2B6 та технологічне обладнання.

Проведений практичний експеримент по вирощуванню п'єзоплівки у лабораторії. Описуємо даний процес поетапно: зібрана структура розміщується в спеціальному кварцовому стакані (рис. 2.2) - колбі, всередині якої сформований квазізамкнений простір, де відбувається процес наплення. Від колби, знизу, йдуть два кварцових трубки-відростки, всередину яких поміщається напилений порошок (в нашому випадку ZnS і CdS). Кварцова колба встановлюється в спеціальне посадкове місце установки, накривається графітово-молібденовим екраном, і вся конструкція герметично закривається ковпаком. За допомогою двох насосів електродвигуна під ковпаком створюється і підтримується вакуум — $2\cdot 3\cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст.

Рис. 2.1. Кварцовий стакан – фото.

Після створення вакууму виконується процес нагріву безпосередньо самого ситалу, кварцової колби, та двох відростків. Для цього використовують чотири термопари (рис. 2.4). На рис. а видно як підводяться нагрівачі до основи і відростків колби, б – до ситалу.

Рис. 2.2. Термопари

Повний процес, включаючи нагрів, наплення та охолодження установки – займає 100 хвилин, із них:

1. Ситал знаходиться 25 хвилин в проміжку 196-228 °C
2. Камера – 44-45 хвилин в проміжку 550-554 °C
3. ZnS – 25 хвилин підтримується при температурі 546-577 °C, після чого вона піднімається до температури наплення, і на протязі 10 хвилин знаходиться в проміжку 850-854 °C.
4. CdS – 39-40 хвилин наплюється при температурі 780-783 °C.

Мікропроцесорний модуль Tritan 6000 перетворює показники чотирьох термопар і виводить їх на екран графіком температурно-часової залежності. Із охолодженої установки отримуємо зібрану конструкція вже із напиленими шарами ZnS і CdS на молібден, після чого вона відправляється в схожу за принципом роботи установку, де так само під високим вакуумом відбувається нанесення контактної бази.

ВИСНОВКИ

Детально вивчено вакуумне обладнання для осадження плівок A2B6, зроблено креслення цього обладнання та вивчено технологічний маршрут осадження плівок.

2.2. Виміри електричних параметрів та вольт-амперних характеристик структур

Отримані в результаті осадження структури були досліджені за результатами вимірів вольт-амперних характеристик при увімкненому та вимкненому світлодіоді, без тиску /

при прикладанні тиску до структури / при скручуванні. ВАХ знімалися за допомогою зібраної власноруч вимірювальної установки, представленою на рис. 2.3.

Рис. 2.3. Фото вимірювальної установки із джерелом живлення світлодіоду та екрануючим циліндром із стержнем-основою для прикладення тиску.

Рис. 2.5. Схематичне зображення отриманих та досліджених структур.

Отримані ВАХ представлено на рисунках 2.6-2.32. ВАХ мають вигляд діодних характеристик, що є показником того, що сформовано випрямний бар'єр між осадженими плівками p-типу та r-типу провідності, а оскільки ті матеріали різні, то ми маємо гетероструктуру. На представлених ВАХ видно, що гілка при прямому зміщенні реагує на Із отриманих вольт-амперних характеристик (рис. 2.6-2.32) були побудовані графіки залежностей логарифму струму від напруги для визначення коефіцієнту неідеальності n .

Рис. 2.33-2.38. Залежності логарифму струму від напруги для зразку №1.

ВИСНОВКИ

Таким чином було досліджено гетероструктури чотирьох груп:

- зразки на гнучкій молібденовій фользі (рис. 2.6-2.10), а саме плівки CdS товщиною 3 мкм, на які осаджено шар виродженого напівпровіднику r-типу Cu_xS товщиною 60 нм.
- зразки на молібденовій фользі (рис. 2.11-2.15), CdS товщиною 3 мкм, на які було нанесено плівки ZnS товщиною 200 нм та верхній контакт Cu_xS .
- класична структура сонячного елемента CdS-CdTe (рис. 2.16-2.26), осаджена на молібденову фольгу і зверху нанесено Cu_xS .
- класична структура сонячного елемента CdS-CdTe (рис. 2.27-2.32), осаджена на ситалеву підкладку, на яку було нанесено молібденову плівку в якості нижнього струмоз'ємного контакту, верхній контакт – Cu_xS .

Виміри першої групи зразків – foil Mo-CdS- Cu_xS – показали, що зворотній фотострум збільшується при прикладанні тиску. Найменше збільшення струму було для випадку скрученого зразку, крім того збільшення струму спостерігається і на прямій гілці ВАХ. Цей результат збігається із нашим передбаченням, що напівпровідникові гексагональні фоточутливі плівки CdS мають п'єзофототронний ефект.

Позитивний результат по збільшенні фотоструму при прикладанні тиску було також отримано для другої групи зразків – foil Mo-CdS-ZnS- Cu_xS .

Третя група зразків – foil Mo-CdS-CdTe- Cu_xS – також мала невеликий п'єзофототронний ефект на зворотній гілці ВАХ. Невелика величина п'єзофототронного ефекту пояснюється тим, що товщина плівки CdS в цій структурі була мала, а саме 200 нм. Як відомо кристалічна структура плівок CdTe, товщина якої в нашому випадку складала 1 мкм, може бути як кубічною так і гексагональною. Кубічна структура є центросиметричною і тому не має п'єзо ефекту. Скоріш за все п'єзофототронний ефект, що спостерігається, обумовлений тільки шаром CdS. Тому ми не можемо говорити про перспективи підвищенні ККД сонячних елементів на основі структури CdS-CdTe.

При дослідженні зразків 4-тої групи – glassceramic Mo-CdS-CdTe- Cu_xS – ми побачили (рисунок 4), що зразки дійсно працюють як сонячні елементи завдяки наявності фотоефекту.

В результаті даних досліджень показано, що прямі ВАХ мають істотне відхилення, що говорить про наявність п'єзоелектричного і п'єзофототронного ефектів розглянутих гетероструктур, тому їх доречно використовувати в конструкціях п'єзодатчиків, в п'єзофототронних пристроях та п'єзоелектриці.

3. Інженерно-розрахункова частина

На рис. 3.1 приведена зонна діаграма двох ізольованих напівпровідників. Припускається, що останні відрізняються шириною забороненої зони, діелектричними проникностями ϵ , роботою виходу ϕ_{ch} і спорідненістю до електрону χ . Робота виходу і спорідненість до електрону визначаються як енергія, необхідна для видалення електрона з рівня Фермі E_F із дна зони провідності E_C в вакуум відповідно. Різниця в положенні дна зони провідності

напівпровідників позначено ΔE_c , а відмінність в положенні стелі валентної зони ΔE_v . На рис. 3.1а показаний випадок, коли $\Delta E_c = (\chi_1 - \chi_2)$. Співвідношення $\Delta E_c = \Delta \chi$ може виявитися невиконаним. Однак якщо розглядати ΔE_c як емпіричну величину, то модель Андерсона не потребує змін [28]. Зонна діаграма анізотипного р-п-гетеропереходу в рівновазі, утвореного такими напівпровідниками, наведена на рис. 3.1б.

Рис. 3.1. Зонні діаграми двох ізольованих напівпровідників за умови електронейтральності (а) та ідеального анізотипного р-п-гетеропереходу при тепловій рівновазі (б) [28].

Рис. 3.2. Зонні діаграми ідеального ізотипного п-п-гетеропереходу (а), а також ідеальних р-п- (б) і р-р-гетеропереходів (в) [28].

Формула вольт-амперної характеристики на основі гетеропереходу:

однак, так як параметр U_{bi} – повний контактний потенціал, що рівний сумі електростатичних потенціалів рівноважного стану першого та другого напівпровідників відповідно U_{b1} та U_{b2} – невідомий, тому в своїх розрахунках ми будемо використовувати формулу для розрахунку ідеального р-п-переходу, а не гетеропереходу.

Розрахунок коефіцієнту неідеальності n:

Розрахунок коефіцієнту K за формулою:

де r – це опір зворотньої вітки зразку, а R_F – опір прямої вітки зразку

Розрахунок параметру $\Delta \Phi$ – зміна висоти бар'єру, за формулою:

де I_s та I_0 струми при фіксованому значенні напруги без тиску та під тиском відповідно.

Розрахунок параметру – “відгук по зміні опору” за формулою:

де i – диференціальні опори під тиском там без тиску відповідно.

Розрахунок параметру S – чутливість зразку за формулою:

де I_s та I_0 – струми при фіксованому значенні напруги при включеній та виключеній лампочці.

Отримані числові значення параметрів були занесені до таблиць.

Табл. 3.1.

Зразок №1 – foil Mo-CdS-Cu_xS

Табл. 3.2.

Зразок №2 – foil Mo-CdS-Cu_xS

Табл. 3.3.

Зразок №3 – foil Mo-CdS-ZnS-Cu_xS

Табл. 3.4.

Зразок №4 – foil Mo-CdS-ZnS-Cu_xS

Табл. 3.5.

Зразок №5 – foil Mo-CdS-CdTe-Cu_xS

Табл. 3.6.

Зразок №6 – foil Mo-CdS-CdTe-Cu_xS

Табл. 3.7.

Зразок №7 – glassceramic Mo-CdS-CdTe-Cu_xS

Табл. 3.8.

Зразок №8 – glassceramic Mo-CdS-CdTe-Cu_xS

Табл. 3.9.

Коефіцієнт нелінійності.

Табл. 3.10.

Розрахований коефіцієнт нелінійності.

Табл. 3.11.

Прямий опір в режимі вимкненого світлодіоду.

Табл. 3.12.

Прямий опір в режимі увімкненого світлодіоду.

Табл. 3.13.

Прямий опір в режимі вимкненого світлодіоду.

Табл. 3.14.

Прямий опір в режимі увімкненого світлодіоду.

Табл. 3.15.

Зворотній опір в режимі вимкненого світлодіоду.

Табл. 3.16.

Зворотній опір в режимі увімкненого світлодіоду.

Табл. 3.17.

Зворотній опір в режимі вимкненого світлодіоду.

Табл. 3.18.

Зворотній опір в режимі увімкненого світлодіоду.

Табл. 3.19.

Коефіцієнт випрямлення діоду в режимі вимкненого світлодіоду.

Табл. 3.20.

Коефіцієнт випрямлення діоду в режимі увімкненого світлодіоду.

Табл. 3.21.

Розрахований коефіцієнт зміни висоти бар'єру $\Delta\Phi$.

Табл. 3.22.

Розрахований відгук по зміні опору r_s/r_0 .

Табл. 3.23.

Також для додаткового аналізу отриманих структур були побудовані наступні залежності (рис. 3.3-3.138):

Висновок

Для кількісного порівняння зразків чотирьох груп було розраховано основні параметри діодних структур і сонячних елементів та зроблено такі висновки:

1. Коефіцієнт неідеальності діоду збільшується при збільшенні тиску на зразок, що викликано деформаціями кристалічної ґратки, які ми вносимо при прикладанні тиску (рис. 3.3-3.10).
2. Опір по постійному струму зменшується при прикладанні тиску (рис. 3.11-3.26). То є доказом того, що наша структура має п'езофототронний ефект і зменшення струму обумовлено появою додаткового заряду за рахунок п'езоефекту.
3. Диференціальний опір при прикладанні тиску зменшується також (рис. 3.27-3.42). Зворотній опір та диференціальний опір по зворотній гілці також зменшується при прикладанні тиску для зразків 1-ї та 2-ї груп (рис. 3.43, 3.44, 3.51, 3.52, 3.59, 3.60, 3.67, 3.68).
4. Коефіцієнт випрямлення при прикладанні тиску (рис. 3.75-3.90) зменшується для зразків 1-ї та 2-ї груп, тому що при прикладанні тиску в нас є збільшення як прямого так і зворотного струму на ВАХ.
5. Зміна висоти бар'єру (рис.3.91-3.122), яка демонструє чутливість до тиску, збільшується при прикладанні тиску. Таким чином найбільшу чутливість до тиску зразки демонструють при відносних значеннях тиску 50 та 100, що означає збільшення заряду при цих значеннях за рахунок п'езоефекту.
6. Значення відгуку по зміні опору (рис. 3.123-3.130), що є по суті відносною зміною опору при прикладанні тиску, розрізняється для темнових та світлових характеристик, що говорить про додаткові фізичні явища, котрі стимулюють виникнення додаткового п'езозаряду при освітленні.
7. Найбільшу чутливість до тиску (рис. 3.131-3.138) показали зразки 3-ї групи - foil Mo-CdS-CdTe-Cu_xS.

Загальні висновки

Розглянуто принцип п'езотронного та п'езофототронного ефектів, метод термічного осадження; діодні структури чотирьох різних груп матеріалів А2Б6. В роботі проведено широкий огляд систем матеріалів для п'езотроніки та п'езофототроніки, зроблено аналіз властивостей вирощених зразків, наведено таблиці отриманих характеристик та

параметрів, наведено формули для цих обчислень. Далі йде стартап розділ та загальні висновки по дисертації. В роботі проаналізовано яким чином тиск та освітлення впливають на вольт-амперні показники досліджуваних плівок та їх такі параметри, як коефіцієнт неідеальності, коефіцієнт випрямлення, відгук по зміні опору, чутливість зразку, висота бар'єру. Значну частину роботи займає огляд п'єзотронних та п'єзофототронних матеріалів. Розробка технології отримання саме полікристалічних плівок з п'єзотронним та п'єзофототронним ефектом є актуальною, тому що застосування плівок замість монокристалів веде до значного здешевлення ПП. Прогнозується перспективність тонко-пліткових пристроїв, що обумовлено їх функціональними можливостями, також економічними факторами.

В роботі досліджується наявність п'єзотронного та п'єзофототронного ефектів в гетероструктурах на основі плівок CdS, CdTe, ZnS. Для цього зроблено серію вимірів вольт-амперних характеристик при увімкненому та вимкненому світлодіоді, без тиску / при прикладанні тиску до структури / при скручуванні. Аналіз діодних папараметрів показав наступне: диференційний опір по прямій гілці змінюється від значення 50 Ом для зразків із CdTe на фользі, до значень 10^6 Ом для зразків CdS-ZnS на фользі. Як відомо для класичних діодів на p-n переході диференційний опір має бути одиниці Ом. Але матеріали із п'єзовластивостями зазвичай є діелектриками і для того щоб напівпровідник мав п'єзовластивості потрібно, щоб його опір був великий, що ми і отримали із наших розрахунків і вимірів, які показали, що саме зразки CdS-ZnS мають найбільший п'єзофототронний ефект.

При порівнянні опору по постійному струму та диференційного опору на прямій гілці ВАХ ми бачимо, що R_F більше ніж r_F (10^7 Ом $>$ 10^6 Ом), що співпадає із відношення R_F до r_F для ідеального діоду.

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що найкращий пезофототронний ефект мають структури CdS-ZnS, осаджені на молібденову фольгу і створені фотодетектори на основі цієї структури можуть бути використані як сенсори тиску.

4. **Стартап проект**

Як відомо, стартап — це недавно створена компанія (можливо ще не зареєстрована офіційно але, планує стати офіційною), що буде свій бізнес на основі інновацій або інноваційних технологій, володіє обмеженою кількістю ресурсів (як людських так і фінансових) і планує виходити на ринок. Також слід зазначити, що інноваційні технології можуть бути глобальними (тобто дана інновація буде інновацією для всього світу) або локальними (тобто дана технологія та ідея будуть запозичені, але будуть інновацією в конкретному регіоні або країні). Також стартап - це підприємницький проект, який завжди оцінюється вище своєї поточної вартості. Оцінка стартапу ґрунтується на фінансових прогнозах майбутніх грошових потоків, яким як правило надзвичайно складно дати об'єктивну оцінку в силу непередбачуваності галузі високих технологій.

Слід зазначити такі фази розвитку стартапу:

1. пасивна стадія (seed stage) – присвячується пошуковій та визначенню ідеї стартапу та форм її реалізації. Саме тут здійснюється пошук підприємницької ідеї, збирається початкова інформація про продукт, ринок, галузь, споживачів;
2. стадія запуску (startup stage) – матеріалізація бізнес ідеї, ретельний аналіз процесів виробництва та продажу продукту і швидке виправлення помічених проблем.
3. стадія зростання (growth stage) – ключова стадія, має відбутись лавиноподібне збільшення обсягу реалізації продукції, і викликане ним збільшення фінансового потоку. Темп зростання повинен бути вищим за середній темп зростання економіки; стартап - компанія повинна не пізніше, ніж через п'ять років після запуску отримати можливість перейти до внутрішнього фінансування — тобто жити свій розвиток власним коштом.
4. стадія розширення (expansion stage) – стартап перестає бути стартапом і перетворюється на звичайну компанію, головне завдання якої розширення.

5. стадія «виходу» (exit stage) – означає, що інвестори отримують можливість витягти вкладені колись інвестиції за рахунок збільшення вартості компанії, що є наслідком зростання грошового потоку.

Проблема даної дипломної роботи полягає в тому, що на початковому етапі стартапу ідея доступна тільки її автору, а основним завданням маркетингу є донесення сутності ідеї до якомога більшої кількості людей та формування у них позитивних вражень від ідеї. Вважається що маркетинг стартапу є ключовим моментом, його приблизний внесок в успіх стартапу становить 80-95%. До того ж маркетинг має бути якісним та відрізнятися від маркетингу товарів і послуг. Маркетинг стартапу можна визначити як сукупність інструментів та заходів із ознайомлення цільової аудиторії з ідеєю продукту /послуги, просування ідеї та безпосередньо товару/послуги на ринок з метою підвищення зацікавленості та прихильності потенційних споживачів, залучення споживачів, інвесторів тощо.

Рис. 4.1. Схема маркетингу стартапу.

Стратегія – це план дій на визначений період часу із зазначенням виконавців та способів реалізації. Відповідно, маркетингова стратегія стартапу стосується плану ознайомлення цільової аудиторії з ідеєю продукту, визначення кола потенційних споживачів, забезпечення їх прихильності до товару / послуги та залучення інвесторів з метою розширення бізнесу. Маркетингова стратегія має бути чітко прописана у вигляді документа, що можна в майбутньому редагувати. Крім усього іншого, обов'язково повинні бути:

- чітке розуміння, опис, формулювання ідеї, продукту і його унікальні характеристики;
- мета компанії;
- позиціонування;
- аудиторія і її сегменти.

Тільки після опрацювання цих основ, можна обирати, які канали будуть використовуватись, які бюджети знадобляться і т.д.

Існують такі види маркетингових стратегій за М. Портером:

(за М. Портером, існують три базові стратегії розвитку, що відрізняються за ступенем охоплення цільового ринку та типом конкурентної переваги, що має бути реалізована на ринку (за витратами або визначними якостями товару)).

1. Стратегія лідерства по витратах

Передбачає, що компанія за рахунок чинників внутрішнього і/або зовнішнього середовища може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньо-ринковою ціною (або ж ціною головного конкурента). Зокрема, ця стратегія припускає, що за рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів і продуктивності підприємство може добитися менших витрат.

Переваги стратегії за Ж.-Ж. Ламбеном:

- фірма здатна протистояти своїм прямим конкурентам навіть у разі цінової війни і в змозі отримувати прибуток при ціні, мінімально допустимій для конкурентів;
- сильні клієнти не можуть добитися зниження ціни нижче рівня, прийнятого для найбільш сильного конкурента;
- низькі витрати забезпечують захист проти сильних постачальників, оскільки дають фірмі велику гнучкість у разі підвищення вхідних витрат;
- низькі витрати створюють бар'єр входу для нових конкурентів і одночасно хороший захист проти товарів-замінників.

2. Стратегія диференціації

Передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару (у ширшому

розумінні – комплексі маркетингу), бути реальною або уявною. Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

Переваги стратегії за Ж.-Ж. Ламбеном:

по відношенню до прямих конкурентів диференціація знижує ступінь заміненості товару, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність;

прихильність клієнтів послабляє їх тиск на фірму і перешкоджає приходу на ринок нових конкурентів;

підвищена рентабельність збільшує стійкість до можливого зростання витрат в результаті дій сильного постачальника;

відмітні властивості товару і завойована прихильність клієнтів захищають фірму і від товарів-замінників.

Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду). При веденні конкурентної боротьби з використанням цієї стратегії на ринку в першу чергу терплять фіаско фірми, що не здатні визначати потреби цільових ринків, оперативно реагувати на зміни в ринковому попиті, проводити ефективну політику маркетингових комунікацій, не мають необхідних навичок в області брендингу. Найважливішими здібностями, які повинна мати компанія, що приймає цю стратегію, є з генерування маркетингових ноу-хау, здійснення продуктових новацій.

3. Стратегія спеціалізації

Передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися як на диференціацію, так і на лідерство по витратах, або і на те, і на інше, але тільки у рамках цільового сегменту. Проте низька ринкова доля у разі невдалої реалізації стратегії може істотно підірвати конкурентоспроможність компанії.

В роботі розглянуто структури CdS / CdTe - які є класичними сегнетоелектричними плівковими структурами. Для прикладу візьмемо зразок №6, за яким розраховані всі необхідні параметри та характеристики для подальшого аналізу та оцінки. Оцінимо його ККД за формулою:

Максимальна величина η для промислового зразку – 10-11%. Вартість 1-го Вт енергії - 75 центів, що робить плівки CdS / CdTe конкурентоспроможними. При прикладанні тиску відбувається збільшення струму на 10%. З точки зору вартості в промислових масштабах таке зростання призведе до здешевлення 1-го Вт енергії до рівня 72 центів, що як підсумок спричинить за собою істотну економію.

ВИСНОВКИ:

Так як в роботі не стояла задача із розробки стартап проекту щодо отриманих методом термічного осадження п'єзоелектричних тонких плівок, був зроблений якісний теоретичний огляд про створення та подальшу розробку електричного пристрою, який включатиме в себе досліджені зразки, отримані експериментально їх параметри і характеристики, та описану проблематику даної роботи.

Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

25

2	http://od-finogenov.edu.kpi.ua/lib/exe/fetch.php?media=metodi:startup.docx	8.69%
4	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29447/1/Rozrobka_startup-proektiv_Konsp.lekts.pdf	4.24%
5	http://referatu.in.ua/rozpiznavannya-oblich-za-dopomogoyu-merej-glibokogo-navchannya.html?page=39	3.54%
6	https://refua.in.ua/marketingove-planuvannya-startapu.html?page=18	1.78%
7	https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/19695/1/7.pdf	1.78%
8	https://refua.in.ua/marketingove-planuvannya-startapu.html	1.11%
10	http://referatu.in.ua/ekotoksikologichnij-monitoring-vmistu-policklichnih-aromatich.html?page=21	0.9%
14	https://otherreferats.allbest.ru/marketing/01026520_0.html	3 Джерело 0.55%
16	https://www.businesslaw.org.ua/bisness-plan-startap	7 Джерело 0.43%
19	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28969/1/Stupak_bakalavr.pdf	5 Джерело 0.25%
20	https://ppt-online.org/204105	3 Джерело 0.23%

Схожість по Бібліотеці акаунту

169

1	Ярославський КА-72мп ID файлу: 8345272 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 141 Джерело	8.69%
9	ПЗ_Якимчук_new ID файлу: 1000763861 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 6 Джерело	1%
11	Панадій Є С ID файлу: 1000756458 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 7 Джерело	0.78%
12	Менеджмент_стартапов ID файлу: 12270985 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 6 Джерело	0.7%
13	Притула О. ПБ_82мп_ ID файлу: 1000776468 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 3 Джерело	0.7%
15	Студентська робота ID файлу: 951093 Institution: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University	0.53%
17	2019_ Чирук Василь_Датчики зображення на КМОН_fch ID файлу: 1000785151 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 6 Джерело	0.35%
18	МВ-71мп - Алексейчук (перевірка) ID файлу: 8569943 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 4 Джерело	0.29%

Вилучення

Вилучення

4

http://ed.kpi.ua/wp-content/uploads/conferences/2019/2019-Matherial_conferecne.pdf

4 Джерело 6.82%