

## ВІДГУК



Офіційного опонента на дисертацію Сімченко Сергія Володимировича «**Нерівноважні електричні і магнітоелектричні ефекти в реакційних атомних зіткненнях на поверхні твердих тіл**», представленої до спеціалізованої вченої ради К 41.053.07 на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю: 01.04.07 - фізика твердого тіла.

Дисертаційна робота Сергія Володимировича, пов'язана з пошуком нових систем газ - тверде тіло де ефективно генеруються колективні електронно-діркові збудження.

Вплив потоків частинок на макро- і мікропроцеси в твердих тілах з кінетичною енергією в тепловій області практично не вивчено, апріорі вважалося, що цей вплив дуже малий.

У представленій роботі досліджений енергообмін і дисипація енергії на поверхні твердих тіл. Досліджено електрофізичні і магнітоелектричні явища, які супроводжують взаємодію газ - тверде тіло і зобов'язані генерації в твердих тілах електронно-діркових пар. Напрямок досліджень відповідає загальній проблематиці фізики твердого тіла: вплив зовнішніх чинників, потоків частинок і іонізуючого опромінення на властивості твердих тіл. Також напрям досліджень можна віднести до нанофізики і нанотехнологій.

До найбільш важливих елементів наукової новизни в роботі можна віднести наступне:

1. Виявлена біполярна генерація нерівноважних електронно-діркових (e-h) пар за рахунок енергії, що звільняється в реакційних зіткненнях за участю атомів водню на ряді твердих тіл, де вона раніше була невідома: фосфід індію (InP), селен (Se), карбід кремнію (SiC), телурид кадмію (CdTe), кремній (Si).

2. Вперше нерівноважні хемоефекти на поверхні ряду твердих тіл спостерігалися із застосуванням нових збуджуючих агентів, а саме, реакційно-активних сумішей газів  $H_2 + O_2$ ,  $CO + O_2$ .

3. Виміряні основні фізичні характеристики досліджуваних електрофізичних і магнітоелектричних нерівноважних електронних хемоефектів, а саме кінетика «розгоряння» ефекту з початком взаємодії частинок з поверхнею твердого тіла, залежність стаціонарних величин ефектів від температури, парціального тиску атомів (H, O) або тиску і складу реагуючих сумішей ( $H_2 + O_2$ ,  $CO + O_2$ ).

4. Запропоновано кінетичні моделі процесів на поверхні досліджених твердих тіл і визначені стадії атомних процесів, що ведуть до електронного збудження твердого тіла. Дана оцінка енергетичних параметрів стадій.

5. На основі отриманих експериментальних даних зроблені чисельні оцінки виходу e-h пар в розрахунку на одне реакційне атомне зіткнення.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел із 163 найменувань, а також 4-х додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, сформульовані мета і завдання дослідження, показані наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача у виконанні дисертаційної роботи.

У першому розділі відображено сучасний стан проблеми. Зроблено огляд літератури з проблеми акомодатії енергії твердим тілом по електронному каналу в реакційних атомних зіткненнях на поверхні.

Розділ 2 присвячений опису експериментальної установки і техніки вимірювань.

Розділ 3 присвячений дослідженню хемомагнітоелектричного ефекту на монокристалах фосфіду індію в атомарному водні. Виявлена генерація поперечної хемоерс в напівпровідниковій монокристалічній пластинці InP, розташованій у зовнішньому магнітному полі, в реакційних атомних зіткненнях з участю атомарного водню. Цей ефект в системі InP/H виявлений і досліджений вперше. З величини ефекту зроблена оцінка концентрації нерівноважних носіїв, що генеруються в зразку.

Розділ 4 присвячений дослідженню генерації e-h пар в металі в модельній системі, що включає атоми Н, а також в інших реакційних атомних зіткненнях. Генерація e-h пар досліджувалася зі спостереження струму гарячих електронів, що генеруються в металевій плівці нанометрової товщини (~ 15 нм), включеної до складу планарного діода Шотткі. Показано, що метод нанодіода Шотткі є ефективним способом «візуалізації» реакції і може бути використаний як новий фізичний метод в дослідженні хімічних процесів на поверхні твердого тіла - каталізатора.

Розділ 5 присвячений дослідженням хемовентильного ефекту на p-n переходах в зіткненнях з поверхнею зразка атомарного водню і в інших більш складних системах.

Також досліджені ефекти збудження поперечної хемонапруги (хемоерс) і нерівноважної хемопровідності в плівці CdTe, отриманої методом «косого напилення», при її взаємодії з атомарним воднем. Для всіх згаданих систем і ефектів зроблені чисельні оцінки.

У Додатках 1-3 описані основні характеристики створеного комплексу електрофізичної апаратури, фото експериментальної установки і її складових частин, а також фотографії допоміжних установок і агрегатів, створених дисертантом. У додатку 4 представлений список публікацій здобувача за темою дисертації та апробація результатів дослідження.

До зауважень хочу віднести:

1. У назві роботи використаний термін «реакційні атомні зіткнення на поверхні твердих тіл». Це новий термін чи загальноприйнятий, використовується він в роботах інших авторів?

2. З огляду на досить велику кількість експериментального матеріалу дещо збільшений обсяг роботи.

3. В основних результатах роботи відзначається, що на паладії відбувається генерація e-h пар при реакційних атомних зіткненнях. Також стверджується, що ефективність генерації e-h пар збільшується при прикладенні на діод Шотткі прямого зміщення. Я вважаю, що дірки в металах

можуть виникати тільки при високих енергіях збудження на глибоких атомних рівнях в металах (наприклад в оже ефекті), а збільшення генерації e-h пар відбувається тільки в напівпровідниковій частині діода.

4. У всіх вимірах хемоефектів на поверхні н/п зразків при зазначеному вакуумі повинні бути присутні шари ( $\sim 30\text{\AA}$ ) води і інших газів ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{CO}$  і ін.). Однак дані мас-спектрометричного аналізу дисертантом не наведено.

В цілому дисертація Сімченко С.В. являє собою оригінальне, закінчене наукове дослідження в галузі фізики твердого тіла. Вперше виявлено та досліджено ряд фізичних ефектів, що виникають при взаємодії атомних і молекулярних частинок з поверхнею твердих тіл в нових системах. Робота має експериментальний характер, отримані результати належним чином описані згідно з існуючими теоретичними уявленнями і пройшли широку апробацію. Результати дослідження, безсумнівно, представляють інтерес з фундаментальної точки зору і мають перспективу застосування при розробці джерел електричної енергії нового типу.

Представлена робота повністю відповідає вимогам ВАК, що пред'являються до кандидатських дисертацій.

Автор роботи Сімченко С.В. заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла.

доктор фізико-математичних наук, професор

провідний науковий співробітник наукового  /Бажин А. І./

фізико-технологічного центру НАН і МОН України

Підпис проф. Бажина А.І. затверджую

Заступник директора  
з наукової роботи НФТЦ



Турбіні Л.В.