**Київський національний університет імені Тараса Шевченка Фізичний факультет**

**Кафедра загальної фізики**

**Звіт**

**про проходження навчальної**

**практики з фаху**

**Студента 4-го курсу**

**Куща Івана**

**Олександровича**

**Київ-2022**

**Програма**

**навчальної практики за фахом студента 4 курсу**

**групи «Загальна Фізика»**

**Куща Івана**

*Тема навчальної практики за фахом:*

*«Кінетика світло-індукованих процесів в кремнієвих сонячних*

*елементах.».*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *N* | Вид роботи | Термін виконання |
| 1 | Дефекти в напівпровідниках: поєднання експерименту та теорії (огляд літератури) | 01.08.2022- 07.08.2022 |
| 2 | Основні параметри сонячних елементів та методи їхнього визначення з вольт-амперних характеристик | 08.08.2022- 15.08.2022 |
| 3 | Складання звіту з науково-виробничої практики | 24.08.2022- 28.08.2022 |

Ознайомлений Кущ І.О.

**Зміст**

**Вступ………………………………………………………………………………...3**

**Розділ 1.**

Дефекти в напівпровідниках: поєднання експерименту та теорії (огляд літератури)**…………………………………………………………4**

**Розділ 2.**

Основні параметри сонячних елементів та методи їхнього визначення з вольт-амперних характеристик **…………………………………………………7**

**Розділ 3.**

**Результати обробки експериментально виміряних ВАХ кремнієвих сонячних елементів………………………………………………..9**

**Висновки…………………………………………………………………..............10**

**Список використаних джерел……………………………………………….10**

*Тут дайте посилання на ті статті, які я Вам надіслав*

**ВСТУП**

**Актуальність теми**

На сьогоднішній день існує гостра потреба в розробці та виробництві сонячних елементів(СЕ). Це зумовлено тим , що світова спільнота рухається у бік так званої “зеленої енергії” , що повинна повністю замінити нафтову і газову промисловість . Ключовою стратегією подальшого зниження вартості сонячної електроенергії є розробка та виробництво

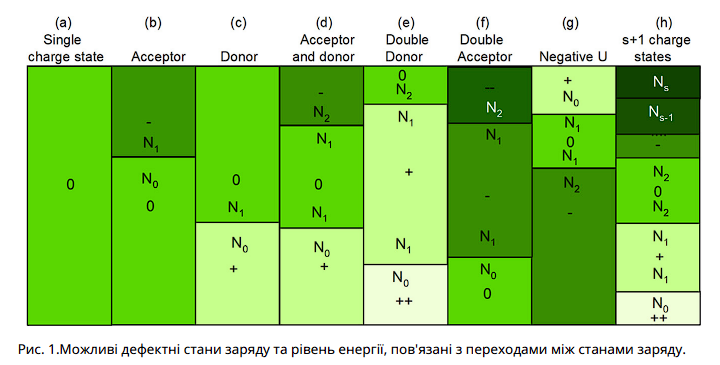
Спектроскопія, залежна від температури та кремнієвих сонячних елементів із дуже високою ефективністю ( 25%).Проблема полягає в досягнені подолання обмежнь самим СЕ елементів , що дають проблеми з електроною якоістю самих кремнієвих пластин . За для розуміня проблеми треба дослідити та зрозуміти механіку та природу дефектів , які обмежують якість пластин .Кожен матеріал містить дефекти; ідеальних матеріалів просто не існує. Хоча для створення дефекту може знадобитися енергія, конфігураційна ентропія робить сприятливим включення певної концентрації дефектів, оскільки це знижує вільну енергію системи.Оскільки дефекти неминучі, ми повинні враховувати їх вплив на властивості матеріалів. Ці ефекти можуть бути значними, аж до визначення функціональності матеріалу, як уп-абоп-тип легування.Точкові дефекти відіграють ключову роль у дифузії: практично всі процеси дифузії сприяють точковим дефектам.Дефекти часто є причиною деградації пристрою.

Поодинокі донори існують або в позитивно зарядженому, або в нейтральному стані. Інші дефекти можуть проявляти більшу складність. Замісне золото в кремнії, наприклад, може бути негативним, нейтральним або позитивним. Дефекти, які можуть виступати як донорами, так і акцепторами, називаються амфотерний.Дефект з однозарядним станом не допускає рекомбінації та захоплення, оскільки захоплення або випромінювання носіїв не допускається. Це стосується деяких легких елементів у кремнії.

**Розділ 1.**

**Дефекти в напівпровідниках: поєднання експерименту та теорії (огляд літератури)**

**Зарядові стани, рівні енергії та частка зайнятості.**

Дослідження DLTS та електронного парамагнітного резонансу (EPR) показують, що такі дефекти, як інтерстиціальний хром, молібден, вольфрам і залізо, можуть мати два стани заряду (один рівень у межах забороненої зони). Для дефекту з двома зарядовими станами у не рівноважному стаціонарному стані обидва зарядові стани залишаються при постійних концентраціях. У середньому з позитивного заряду для дефекту +/0 можуть статися такі події: 

1) захопити електрон, а потім захопити дірку: D++ e-→Д0за ним Д0+ год+→Д+

2) захопити електрон, а потім випустити електрон: D++ e-→Д0за ним Д0→Д++ e

3) випустити дірку, а потім захопити дірку: D+→Д0+ год+за ним Д0 + год+→Д+

4) захопити дірку, а потім захопити електрон: D++ год+→Д++ за ним Д+++ e-→Д+

5) захопити дірку, а потім випустити дірку: D++ год+→Д++за ним Д++→ Д++ год+

6) випустити електрон, а потім захопити електрон: D+→Д+++ eза ним Д+++ e-→Д+

Більшість дефектів є багатовалентними, включаючи титан, ванадій, марганець, кобальт, нікель, паладій, платину, кобальт, золото та цинк. . Хоча в літературі IDLS і TIDLS часто моделюються за допомогою двох або більше незалежних рівнів, такі дефекти в принципі повинні моделюватися залежними рівнями відповідно до формалізму, отриманого Сахом і Шоклі та іншими. На відміну від припущення незалежних рівнів, відносна заселеність залежних рівнів залежить від положення рівня Фермі і, таким чином, від рівня легування та ін’єкції.

Зауважте, що рівень енергії дефекту являє собою енергію, пов’язану з переходом зарядового стану, внутрішніми властивостями окремих дефектів є їхні зарядові стани (рівень енергії дефекту не є енергією дефекту, насправді такої величини не існує і не створює сенс). Для дефекту з зарядовими станами s + 1 у не рівноважному стаціонарному стані знову всі зарядові стани залишаються при постійних концентраціях. Сума заповненості зарядових станів центру дефекту дорівнює.

де індекс являє собою кількість електронів у центрі дефекту. Коефіцієнт заповнення α для рівня енергії E(1/2) являє собою частку заповнення двох послідовних станів заряду

Більш загально:

**1. Вторинна іонна мас-спектрометрія (SIMS)**

SIMS дозволяє точно вимірювати концентрацію домішок як функцію глибини. Межа виявлення може досягати 10см але це залежить від типу домішки. Домішки, які зазвичай зустрічаються в навколишньому середовищі, такі як азот або вуглець, найважче виявити в низьких концентраціях.SIMS не підходить для визначення концентрації власних дефектів: знайти голку в стозі сіна досить важко — знайти будь-яку втрату або додаткове сіно практично неможливо. Помітним винятком є використання ізотопів, дуже потужний підхід для вивчення самодифузії.

**2. Позитронна анігіляційна спектроскопія (PAS)**

PAS ідентифікує точкові дефекти шляхом вимірювання анігіляції позитронів з електронами.Він найбільш потужний для виявлення нейтральних або негативних вакансій, які можуть ефективно вловлювати позитрони. Збільшений час життя захопленого позитрона забезпечує ознаки дефекту. Крім того, розподіл імпульсів випромінюваних гамма-променів надає інформацію про місцеве середовище

**3. Рентгенологічні вимірювання**

Рентгенівська дифракція може вимірювати параметри решітки з високою точністю, а іноді може бути використана для оцінки змін атомної структури, спричинених домішками.Тонка структура з розширеним поглинанням рентгенівського випромінювання (EXAFS) дає подробиці про атомну структуру та довжини зв’язків навколо домішки, але лише у випадку домішок з відносно великою масою.

**4. Електричні вимірювання**

Вимірювання на ефекті Холла надають детальну інформацію про концентрації носіїв, концентрації компенсуючих дефектів і рухливість. Ідентичність електрично активного та розсіюючого центрів має бути встановлено з інших вимірювань. Перехідна спектроскопія глибокого рівня (DLTS) є потужним методом спостереження рівнів дефектів у забороненій зоні за умов, коли кінцевий стан заряду може повністю розслабитися до своєї рівноважної конфігурації після переходу. Таким чином, ці вимірювання слід порівнювати з рівнями термодинамічних переходів, як обговорюється в розділі.

**5. Коливальна спектроскопія**

Наявність дефекту змінює вібраційний спектр твердого тіла, що часто призводить до локальних коливальних мод (LVM), які виявляються за допомогою раманівської спектроскопії або інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур’є.Ці режими можна розрахувати за допомогою розрахунків перших принципів значною мірою допомагає у визначенні природи та локальної структури дефекту.

**7. Оптичні вимірювання**

В експерименті з фотолюмінесценцією (PL) надзазоре світло збуджує електрони з валентної зони в зону провідності (CB).47Крім того, електрони можуть збуджуватися з або на рівні дефектів. Коли збуджені електрони переходять на нижчі рівні енергії, вони можуть випромінювати світло для збереження енергії, що призводить до піку в спектрі ФЛ. В експерименті зі збудженням фотолюмінесценції (PLE) інтенсивність ФЛ вимірюється як функція енергії фотона збудження. Це дає профіль поглинання для дефекту. Хоча ці методи дають оптичні ознаки дефектів із високою роздільною здатністю,48 вони не можуть самі визначити свою природу чи характер. Порівняння з розрахунками перших принципів тут може бути особливо потужним.

**Розділ 2.**

**Основні параметри сонячних елементів та методи їхнього визначення з вольт-амперних характеристик**

*Тут, будь-ласка, коротко виберіть основне з наступних сторінок (декілька картинок, основні формули, слова, звичайно, треба буде посилатися на цей сайт)*

https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/iv-curve

https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/short-circuit-current

https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/open-circuit-voltage

https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/fill-factor

https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/solar-cell-efficiency

*Також додати Table II з роботи ProgPhotov\_25\_p623-625.pdf*

*Додати до списку використаних джерел*

<https://www.pveducation.org/>

**Розділ 3.**

**Результати обробки експериментально виміряних ВАХ кремнієвих сонячних елементів**

В роботі було проведено визначення температурних залежностей струму короткого замикання, напруги розімкнутого кола на максимальної вихідної потужності, спираючись попередньо виміряні на вольт-амперні характеристики кремнієвих сонячних елементів.

Використовувалися були кремнієві структури, виготовлені з Cz-пластин, легованих бором з питомим опором 10 Ом⋅см (). Емітерний шар мав товщину 0,7 мкм та поверхневий опір 20-30 , товщина бази – 350 мкм, товщина та поверхневий опір шару – 0,6 мкм та 10-20 .

*Тут треба буде навести графіки, які ви порахували і трошки їх описати: буквально трхи з того, що на них видно. Наприклад, «Як видно з рис.456, напруга розімкнутого кола зменшується при підвищенні температури, причому залежність дуже близька до лінійної. При підвіщені температури від 295 до 340 К, VOC зменшилася на 5000%»*

**ВИСНОВКИ**

**Список використаних джерел**

*Посилання на 4 статті та сайт*