

**ВІДГУК**  
офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Оліха Олега Ярославовича  
«Акусто- та радіаційно-індуковані явища в поверхнево-  
бар'єрних кремнієвих та арсенід-галієвих структурах»,  
яка представлена на здобуття наукового ступеня  
доктора фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла

Встановлення основних закономірностей та фізичних механізмів впливу зовнішніх факторів на експлуатаційні характеристики напівпровідників бар'єрних структур є надзвичайно актуальною задачею сонячної енергетики та мікроелектроніки. Подібні дослідження дозволяють визначити оптимальні робочі режими різноманітних пристроїв, підвищити точність прогнозування їхньої поведінки у екстремальних умовах експлуатації, а також мати важливе значення для пошуку шляхів розширення функціональних можливостей подібних систем. Актуальність дисертаційної роботи О.Я. Оліха, з одного боку, визначається тим, що предметом досліджень були явища електротранспорту в кремнієвих та арсенід-галієвих структурах, які дуже широко використовуються у сучасній технології. З іншого боку, значна частина роботи присвячена вивченю явищ, причиною яких є ультразвукове навантаження. У численних попередніх експериментальних дослідженнях інших авторів такий акустичний метод зовнішнього впливу довів свою спроможність ефективно модифіковати властивості напівпровідникових кристалів, проте питання щодо закономірностей та механізмів акусто-індукованих явищ у бар'єрних структурах залишалося багато в чому відкритим. Зокрема, це стосується особливостей перенесення заряду у напівпровідників системах під час поширення в них пружних коливань: відповідні ефекти вперше детально

досліджені у представленій роботі. Таким чином, тема дисертаційної роботи О.Я. Оліха є вельми актуальною як з наукової, так і з практичної точок зору.

Принагідно зауважу, що про актуальність проведених досліджень також свідчить їхня узгодженість із планами науково-дослідних робіт, які проводились у рамках держбюджетних тем на кафедрі загальної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2001-2018 рр.

Основними задачами дослідження були:

- 1) вибір оптимальних способів визначення параметрів напівпровідниківих бар'єрних структур шляхом порівняльного аналізу аналітичних і числових методів, а також підходів, що базуються на використанні еволюційних алгоритмів;
- 2) з'ясування механізмів перенесення заряду у кремнієвих та арсенід-галієвих бар'єрних структурах із  $p$ - $n$ -переходом та контактом Шотткі залежно від ступеню опромінення та вияснення фізичних причин радіаційно-індукованих змін;
- 3) встановлення закономірностей впливу ультразвукового навантаження на процеси електротранспорту в поверхнево-бар'єрних структурах, а також визначення відповідних фізичних механізмів та структури акусто-активних дефектів;
- 4) вияснення механізмів перебудови дефектної структури напівпровідникових систем, викликаних мікрохвильовою та ультразвуковою обробками.

Всі зазначені задачі об'єднані спільною метою пошуку нового вирішення наукової проблеми, яка полягає у встановленні основних закономірностей та фізичних механізмів впливу ультразвукового навантаження та опромінення на процеси проходження струму в напівпровідниківих поверхнево-бар'єрних структурах. Сама робота є

цілісною науковою працею, в якій відповідні розділи логічно та послідовно зв'язані між собою та спрямовані на вирішенні визначені автором мети.

Дисертація містить шість розділів основної частини. Перший розділ присвячено огляду сучасних результатів впливу пружних коливань на напівпровідникові структури та методологічним аспектам застосування ультразвуку. У другому розділі представлені результати дослідження акусто-індукованих ефектів у кристалічних кремнієвих сонячних елементах залежно від ступеню їх радіаційного пошкодження. Третій розділ стосується порівняльного аналізу різноманітних методів визначення параметрів структур метал-напівпровідник на основі їх вольт-амперних характеристик. У четвертому розділі розглянуто ефекти впливу гамма-опромінення на перенесення заряду в структурах  $\text{Al}-n-n^+-\text{Si}$  в температурному діапазоні 130-330 К, а також наслідки ультразвукового навантаження цих систем при кімнатних температурах. Наступний, п'ятий розділ, містить інформацію щодо результатів дослідження динамічних акусто-індукованих змін на проходження струму в структурах  $\text{Mo}-n-n^+-\text{Si}$  при температурах 130-330 К. Нарешті, шостий розділ відображає результати вивчення впливу мікрохвильового опромінення на дефекти в монокристалах GaAs, SiC та епітаксійних арсенід-галієвих структурах, а також ультразвукової обробки на параметри систем  $\text{Au}-\text{TiB}_x-n-n^+-\text{GaAs}$  та гамма-опромінених структур  $\text{Au}-\text{SiO}_2-\text{Si}$ . Okрім цього, дисертація містить також всі інші частини, передбачені вимогами до оформлення подібних робіт, а саме: вступ, перелік умовних позначень та скорочень, список використаних джерел, загальні висновки.

Отримані основні результати, що складають предмет наукової новизни та практичної вагомості дисертаційної роботи і які полягають у наступному.

1. В результаті порівняльного аналізу та тестування 16 методів визначення параметрів діодів Шотткі із їхніх вольт-амперних характеристик, встановлено, що найефективнішим з погляду точності та швидкодії є метод з

використанням алгоритму модифікованої штучної бджолиної сім'ї, а також запропоновано адаптивну процедуру вибору діапазону експериментальних даних для побудови допоміжних функцій при застосуванні аналітичних методів.

2. Виявлено оборотне акусто-індуковане зменшення часу життя носіїв заряду в кремнієвих структурах із  $p$ - $n$ -переходом; для пояснення особливостей виявлених ефектів запропонована модель акусто-активного комплексного точкового дефекту.

3. Визначено особливості впливу ультразвукового навантаження на опромінені монокристалічні кремнієві сонячні елементи та визначено природу основних радіаційних акусто-активних дефектів.

4. Показано взаємозв'язок між характером немонотонності дозової залежності зміни висоти бар'єру Шотткі при гамма-опроміненні структур кремній-метал зі ступенем неоднорідності контакту.

5. Виявлено оборотні зміни висоти бар'єру Шотткі, фактору неідеальності та величини зворотного струму за умов ультразвукового навантаження структур Mo- $n$ - $n^+$ -Si, а також показано що механізм акусто-індукованих змін зумовлений рухом дислокаційних перегинів.

6. Встановлено, що при мікрохвильовому опроміненні причиною перебудови дефектів, розташованих у про поверхневому шарі монокристалів GaAs, SiC та епітаксійних арсенід-галієвих структурах є зростання концентрації міжвузольних атомів.

7. Практично показано можливість використання ультразвукової обробки для зменшення розкиду параметрів арсенід-галієвих діодів Шотткі, створених в єдиному технологічному процесі.

Достовірність отриманих у дисертації результатів визначається комплексним характером проведених досліджень, зіставленням отриманих експериментальних результатів із даними теоретичного аналізу та окремими результатами інших авторів, чіткою картиною вивчених явищ і

закономірностей, які добре узгоджуються із наявними теоретичними уявленнями про характер змін у структурі напівпровідників та їхніми фізичними характеристиками. В усіх випадках перевірялася відтворюваність результатів, проводився аналіз точності та похибок вимірювань.

Як наслідок, обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна не викликають сумнівів. Результати роботи є важливими для розробки і застосуванням нових акустичних методів керування струмом у напівпровідникових поверхнево-бар'єрних структурах та прогнозування поведінки подібних систем за умов радіаційного опромінення чи високочастотної деформації.

Основні результати дисертації повністю викладені у наукових фахових виданнях. Зокрема опубліковано 25 наукових статей, з них 9 у наукових фахових виданнях України, які входять до переліку ВАК/МОН України та 16 в іноземних виданнях. 17 статей опубліковано у виданнях, які входять до наукометричної бази даних Scopus. 12 із 25 наукових статей, опублікованих за темою дисертації, є одноосібними роботами здобувача, що свідчить його високий рівень як науковця. Основні положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на 26 міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях.

Автореферат дисертації вірно та повно відображає її основні положення та зміст.

Мушу відмітити і деякі недоліки дисертації, що розглядається. А саме.

1. У роботі для обчислення коефіцієнта поглинання світла у кристалах кремнію використовується формула (2.6). Вона запропонована досить давно (Solid-State Electron., vol. 22, p. 793–795, 1979), згадується у різноманітних підручниках, проте на сьогодні вважається, що її застосування призводить до помилок у оцінці величини коефіцієнта поглинання.

2. У розділі 2 для позначення добутку послідовного опору на площину структури (див. формулу (2.1)) та в інших розділах для позначення

послідовного опору (див., наприклад, формули (3.1) та (4.1)) використовується одинаковий символ  $R_s$ .

3. Дані, наведені у табл.3.2, мають на меті дозволити порівняти час, необхідний для визначення параметрів структур метал-напівпровідник при використанні різних методів. Проте назва цієї таблиці не відображає її призначення і тому є невдалою.

4. Висновок про домінуючу роль кисневмісних преципітатів у рекомбінаційних процесах, що відбуваються у дослідженіх кремнієвих сонячних елементах, варто було б підтвердити застосуванням додаткових методів, які безпосередньо дозволяють оцінити концентрацію подібних дефектів. Наприклад, подібним методом могла б бути інфрачервона томографія.

5. У пункті 4.4.2 автор, спираючись на дані рисунку 4.34, робить висновок про пороговий характер акусто-індукованих змін висоти бар'єру Шотткі при збільшенні інтенсивності введеного ультразвуку. Проте, якщо врахувати похибки наведених величин, цей висновок не виглядає настільки очевидним.

6. Загалом дисертація написана гарною мовою, легко читається, тому негативне враження справляють поодинокі граматичні та стилістичні помилки, які зустрічаються у тексті роботи.

Зроблені зауваження не зменшують наукової цінності виконаних автором досліджень та значимість представлених в дисертаційній роботі результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку у цілому.

Оцінюючи весь комплекс досліджень, які представлені в рукописі, слід зазначити що дисертаційна робота О.Я. Оліха «Акусто- та радіаційно-індуковані явища в поверхнево-бар'єрних кремнієвих та арсенід-галієвих структурах» безперечно є закінченим науковим дослідженням; отримані в ній суттєві результати мають як наукове значення для фізики твердого тіла, так і перспективи практичного застосування.

Загалом докторська дисертаційна робота «Акусто- та радіаційно-індуковані явища в поверхнево-бар'єрних кремнієвих та арсенід-галієвих структурах» відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 року (зі змінами внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015, №1159 від 30.12.2015 та №567 від 27.07.2016), а її автор, Оліх Олег Ярославович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла.

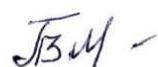
Офіційний опонент,  
завідувач лабораторії фізико-технічних  
основ напівпровідникової фотоенергетики  
Інституту фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,  
доктор фіз.-мат. наук, ст. н. с.



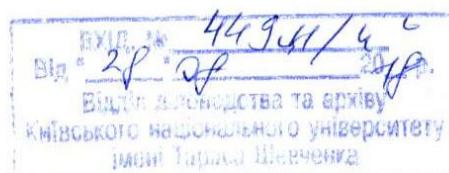
В.П. Костильов

/Підпис В.П. Костильова засвідчує:

Учений секретар Інституту фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,  
доктор х. наук, проф.



В.М. Томашик



## ВІДГУК

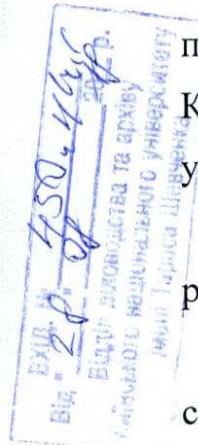
офіційного опонента на дисертаційну роботу **Оліха Олега Ярославовича**  
**«Акусто- та радіаційно-індуковані явища в поверхнево-бар'єрних**  
**кремнієвих та арсенід-галієвих структурах»**, представлену  
на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла

**Актуальність теми.** Дисертаційна робота Олега Ярославовича Оліха охоплює широке коло задач, які стосуються розробки фізичних основ модифікації дефектної структури поверхнево-бар'єрних кремнієвих та арсенід-галієвих структур з використанням акустичних хвиль та проникної радіації. В арсеналі методів, якими оперують сучасні тонкі технології, особливе місце займають комбіновані засоби впливу на кристал – радіаційно-термічні, акусто-термічні, радіаційно-акустичні та ін. Наразі існує необхідність удосконалення ще недостатньо розроблених процесів керованого втручання у кристалічну та електронну структуру виробу, а також прогнозування реакції зразка на дію екстремальних навантажень. Саме на розв'язання згаданих проблем спрямовані дослідження, проведені в дисертаційній роботі О.Я. Оліха.

Про актуальність результатів, одержаних О.Я. Оліхом свідчить список робіт дисертанта, більшість з яких (17 з 25) опубліковані у високо рейтингових провідних журналах світу. Численні посилання на опубліковані автором роботи служать незалежним і об'єктивним підтвердженням високого наукового рівня автора. Робота виконувалася згідно до планів науково-дослідних робіт у межах п'яти держбюджетних тем кафедри загальної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка та проекту УНТЦ, у яких дисертант був співвиконавцем.

**Загальна характеристика структури та змісту роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів та загальних висновків.

У вступі подана у відповідності до вимог «Порядку присудження наукових ступенів» загальна характеристика роботи. У першому розділі «Передумови та особливості використання активного ультразвука» приведено короткий літературний огляд, де звернено увагу на широке застосування бар'єрних



структур на основі  $-Si$ . Відмічено, що на початок виконання даної роботи динамічні акустичні ефекти у бар'єрних структурах фактично не досліджувалися; розглядаються також методологічні аспекти збудження АХ у зразках, приведена оцінка параметрів акустичного поля, описані характеристики використаних вимірювальних установок та особливості конструкції акустичних комірок.

У другому розділі «*Динамічні акусто-індуковані ефекти в опромінених та вихідних кремнієвих структурах з p-n переходом*» вперше експериментально досліджено вплив ультразвукового навантаження на параметри монокристалічних кремнієвих сонячних елементів. З метою встановлення фізичних механізмів виявленіх ефектів, зокрема оборотної акусто-індукованої деградації фотоелектричних властивостей, проведено детальний аналіз впливу ультразвукового навантаження на основні рекомбінаційні параметри. Вперше запропонована модель акусто-активного комплексного дефекту, в рамках якої вияснено особливості акустоіндукованих явищ. Проведені дослідження можливої ролі різноманітних комплексів, відповідальних за зміну характеристик структур та показано, що саме кисневмісні преципітати ефективно впливають на процеси рекомбінації та беруть участь у акусто-дефектній взаємодії. Виявлено ефект акустоіндукованого зменшення опору шунтування та запропоновано механізм його дії в межах дислокаційно-індукованого імпедансу. У цьому ж розділі приведені одержані вперше результати впливу ультразвукового навантаження на параметри кремнієвих з p-n-структур, опромінених реакторними нейtronами та  $\gamma$ -квантами  $^{60}Co$ . Виявлено, що в опромінених зразках спостерігається підвищення ефективності акустоіндукованого зменшення опору шунтування та часу життя неосновних носіїв заряду. З'ясовано, що акусто-індуковані оборотні зміни фактору неідеальності та часу життя носіїв в області просторового заряду мають різний знак в опромінених та неопромінених структурах.

У третьому розділі зроблено «*Порівняльний аналіз та оптимізацію основних відомих методів розрахунку параметрів діодів Шотки на основі дослідження вольт-амперних характеристик*

У літературі відомі роботи, де проводилося порівняння та огляд шляхів визначення параметрів діодів Шотки, проте, як зазначається у тексті розділу,

використовувалися лише декілька методів. Водночас, як показано в роботах О.Я. Оліха, найефективнішими методами з погляду точності визначення параметрів та швидкості розрахунків є еволюційні алгоритми.

**У четвертому розділі** викладено результати «*Дослідження ефектів впливу  $\gamma$ -опромінення та ультразвукового навантаження на структури  $Al-n-n^+Si-Al$  з контактом Шотки».*

Виявлено особливості протікання струму в опромінених і вихідних зразках та встановлено основні механізми проходження заряду через потенціальний бар'єр; з'ясована роль радіаційних дефектів та патчів. Встановлено, що немонотонні зміни висоти бар'єра Шотки від дози опромінення, визначаються ступенем неоднорідності контакту. Показано, що акусто-індуковані (AI) зміни зворотного струму зумовлені термоемісійною складовою. Використовуючи одержані результати щодо особливостей акустичного впливу на діод, а саме – збільшення величини зворотнього струму при зростанні дози опромінення, автор запропонував спосіб оцінки дози  $\gamma$ -квантів, поглинутих структурою.

**У п'ятому розділі «*Особливості динамічних акустоіндукованих змін параметрів структур  $Mo-n-n^+Si$***  подані результати досліджень динамічних акустоіндукованих (частоти 8-28 МГц) ефектів у структурах метал-напівпровідник на основі кремнію в широкому діапазоні температур 130-300К, а також дані про механізми взаємодії акустичної хвилі з дефектами. Основні зусилля спрямовувались на вивчення впливу УЗ на параметри, характерні саме для діодів Шотки; отже отримані результати розширяють наявну базу експериментальних даних і підтверджують ідею акустокерування струмом діода, яка може мати практичне застосування в електроніці і заслуговує на дальшу увагу та вивчення. Використана модель неоднорідного контакту дозволила пояснити AI збільшення висоти бар'єру. Зясовано, що механізм AI змін зумовлений рухом дислокаційних перегинів. Показано, що основними механізмами виникнення зворотного струму є термоелектронна емісія та тунелювання, стимульоване фононами; виявлено нові AI ефекти зменшення енергії активації рівнів, які беруть участь у тунелюванні, густини заповнених інтерфейсних станів та коефіцієнта Пула-Френкеля.

**У шостому розділі «Залишкові ефекти, спричинені мікрохвильовими та ультразвуковими обробками в напівпровідникових структурах на основі GaAs, SiC та Si»** методом акустоелектричної релаксаційної спектроскопії досліджено вплив ВЧ випромінення на параметри глибоких рівнів у приповерхневій області n-6H-SiC, n-GaAs та арсенід-галієвих епітаксійних структур. Встановлено, що виявлені пострадіаційні зміни параметрів пасток зумовлені збільшенням кількості міжвузельних атомів та релаксацією внутрішніх механічних напруг. Зясована можливість низькотемпературного акусто-індукованого відпалу радіаційних дефектів в системі Si–SiO<sub>2</sub>; показано, що відпал пов'язаний з стимульованою ультразвуком дифузією міжвузельних атомів водню та кисню; виявлено, що ультразвукова обробка здатна викликати зменшення розкиду параметрів і підвищення однорідності характеристик, створених в єдиному технологічному процесі.

Відтак, дисертація є цілісною завершеною працею, в якій всі розділи успішно розв'язують головну наукову задачу: встановлення основних закономірностей та фізичних механізмів впливу ультразвукового навантаження та опромінення на процеси проходження струму в напівпровідниковых поверхнево-бар'єрних структурах

**Наукова новизна.** Вперше проведені детальні дослідження низки фундаментальних процесів електроперенесення та рекомбінації нерівноважних носіїв заряду для різних поверхнево-бар'єрних структур в умовах керованих змін системи дефектів решітки кристала, як за допомогою нейtronного та γ-опромінення, так і акустичного навантаження. Співставлення стриманих експериментальних результатів з теоретичним аналізом та результатами інших авторів, дозволили якісно і у більшості випадків кількісно описати всі виявлені процеси, і вияснити їхні основні характеристики і параметри. Встановлено механізм процесів протікання струму в поверхнево-бар'єрних структурах дозволяє надійно оцінювати ефективність роботи відповідних пристрій і передбачати поведінку подібних напівпровідниковых пристрійв.

Варто відзначити, що цикл робіт О.Я. Оліха є серйозним продовженням і подальшим розвитком традиційного для кафедри загальної фізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка напрямку акустоелектроніки дефектів, - школи, розвиток якої розпочинався з 80-тих років минулого століття.

**До найвагоміших наукових результатів** дисертації слід віднести:

1. Повний та достатньо інформативний огляд результатів за темою використання акустичних хвиль у фізиці і технології напівпровідників.

2. Вперше виявлено та досліджено динамічні (оборотні) ефекти в неопромінених і опромінених кремнієвих діодних структурах, що дозволило отримати кількісні дані про низку електрофізичних параметрів бар'єрних структур на основі Si, призначеного для сонячної енергетики. Встановлено, що означені ефекти в нейтронно-опромінених діодах пов'язані з впливом ультразвуку на стан дівакансій, тоді як у  $\gamma$ -опромінених діодах основним акустоактивним центром є комплекс вакансії та міжвузельного кисню. Також показано, що ультразвукове навантаження викликає перебудову комплексу  $\text{VO}_i$ , а комплекс з міжвузольного вуглецю та міжвузольного кисню практично не приймає участі в акусто-дефектній взаємодії.

3. Вперше запропонована модель акусто-активного комплексного дефекту в напівпровідниках, в рамках якої пояснено особливості акустоіндукованих ефектів.

4. Зроблено спеціальний аналіз методів визначення параметрів діодів Шотки, який дозволив оптимізувати і суттєво підвищити достовірність власних результатів; він також є корисним для подальшого використання у процесі розробки інших метал-напівпровідникових пристройів.

5. Встановлено, що при зростанні дози  $\gamma$ -квантів, поглинутих структурою метал-напівпровідник, спостерігається збільшення величини зворотнього струму; обговорено можливість використання цього ефекту для оцінки дози, що може слугувати сенсором  $\gamma$ -опромінення.

6. Вперше ідентифіковано основні акустоактивні дефекти в структурах з контактом Шотки, з'ясовано умови, при яких можлива їхня перебудова. Вперше введено коефіцієнт взаємодії ультразвука з конкретним дефектом та оцінено його величину для низки дефектів.

7. Виявлено нові ефекти, наприклад, АІ термоелектрична емісія електронів з пасток.

8. У сукупності проведені ретельні експериментальні вимірювання на автоматизованих сучасних установках, глибокий теоретичний аналіз результатів з використанням оптимізованих обчислювальних методів та залученням теоретичних сучасних моделей дозволили автору отримати достовірну інформацію про стан та процеси акусто- і радіаційної перебудови конкретних акусто-активних дефектів в структурах.

Оцінюючи весь комплекс досліджень, які представлені в рукописі, зазначимо, що дисертаційна робота О.Я. Оліха безперечно є закінченим науковим дослідженням; отримані в ній суттєві результати мають як наукове значення для фізики напівпровідниковых структур, так і перспективні для практичного застосування. Можна стверджувати, що виконана робота визначає новий напрямок акустоелектроніки напівпровідниковых структур.

Основні наукові результати роботи багаторазово апробовані на 26 профільних міжнародних наукових конференціях. Автореферат дисертації повністю відображає її зміст. Роботу написано на високому науковому рівні, добре оформлено, зміст викладено чітко, текст написано грамотно, добротною українською мовою.

**Ступінь обґрутованості та достовірності** наукових положень, висновків і рекомендацій є достатнім та базується на детальному аналізі літературних джерел, які стосуються визначеної мети та постановки задачі дослідження; використанні апробованих теоретичних досліджень із подальшим співставленням результатів; на критичному аналізі результатів.

До дисертаційної роботи О.Я.Оліха є окремі пропозиції та зауваження:

1. Висновок про роль рухомих дислокацій не підкріплюється інформацією про дислокаційну структуру даних зразків (розділи 2,4 ).

2. При обговоренні мало звернено увагу на роль поверхневих станів в AI ефектах.

3. Висновок 7 до розділу2 стверджує, що одним з основних механізмів акусто-індукованого впливу на фотогенерацію носіїв струму в нейтронно-опромінених структурах є зменшення коефіцієнта відбивання світла за рахунок радіаційного порушення приповерхневого шару напівпровідника. Варто було б перевірити прямим дослідом, який міг би цю думку підтвердити.

4. Сприйняття наведеної інформації дещо ускладнене внаслідок використання значного числа абревіатур (більше 90!); почасти застосовується незагальновживана термінологія, присутні окремі граматичні та стилістичні помилки.

Результати і висновки дисертації доцільно використовувати при виконанні наукових робіт, а також у курсах лекцій з фізики (дефекти у напівпровідниках, поверхнево-бар'єрні структури, акустоелектроніка, радіаційні технології та інші) у вищих навчальних закладах та академічних установах НАН України (наприклад, ІЯД НАНУ, ІФН НАНУ, Київський національний університет імені Т. Шевченка).

Загалом докторська дисертаційна робота «Акусто- та радіаційно-індуковані явища в поверхнево-бар'єрних кремнієвих та арсенід-галієвих структурах» відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 року (зі змінами внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015, №1159 від 30.12.2015 та №567 від 27.07.2016), а її автор, Оліх Олег Ярославович, безумовно заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла.

Офіційний опонент,  
проводний науковий співробітник  
відділу радіаційної фізики  
Інституту ядерних досліджень НАН України,  
доктор фіз.-мат. наук, професор



*В. Тартачник*

В.П. Тартачник

Підпис В.П. Тартачника засвідчує:

Учений секретар Інституту ядерних  
досліджень НАН України,  
кандидат фіз.-мат. наук



Н.Л. Дорошко