

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА  
на дисертаційну роботу Бабиченко Оксани Юрїївни

**«Фотоелектричні властивості структур кристалічного кремнію з  
гідрогенізованими нанорозмірними вкрапленнями»**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

Дисертаційну роботу О.Ю. Бабиченко присвячено отриманню властивостей гетероморфних напівпровідникових матеріалів на основі кристалічного та аморфного кремнію різного виду та ступеня аморфізації, суттєвих з точки зору застосування їх у фотоелектричних перетворювачах для сонячної енергетики.

**Актуальність обраної теми.** Останні роки характеризуються стрімким збільшенням використання як в Україні, так і в усьому світі альтернативних джерел енергії. Одним з найперспективніших відновлювальних ресурсів вважається сонячне випромінювання, яке є екологічно чистим, доступним джерелом енергії, що має високий енергетичний потенціал. Метод перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою напівпровідникових сонячних елементів найбільш розроблений в науковому та практичному плані, але фотоперетворювальні можливості полікристалічного та аморфного кремнію, особливо його гетероморфних структур, вивчені недостатньо. Найбільш важливе та найменш з'ясоване питання – це ефективність фотоперетворювачів, що залежить від поглинальної здатності матеріалу, та коефіцієнта інверсії сонячної енергії в електричну та інших чинників. Застосування гетероморфних структур типу аморфний/кристалічний кремній відкриває широкі можливості для підвищення ефективності сонячних елементів, але на сьогоднішній день відсутні чіткі уявлення про закономірності формування структур такого типу. Тому аналіз властивостей гетероморфних напівпровідникових матеріалів на основі кристалічного та аморфного кремнію є актуальним завдання сучасної науки.

Оскільки тема і мета дисертації О.Ю. Бабиченко безпосередньо пов'язані із вищевказаною проблематикою, актуальність та нагальність дисертаційної роботи не викликають сумніву.

Дисертаційна робота виконувалась в рамках держбюджетних науково-технічних, науково-дослідних робіт, що проводилися в Харківському національному університеті радіоелектроніки на кафедрі мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв.

## **Основні результати, що підтверджують новизну.**

1. Вперше за допомогою чисельного експерименту отримано розподіл щільності електронних станів та спектр нормованої узагальненої функції розподілу щільності станів в гетероморфному кремнії з урахуванням ступеня розупорядкованості структури, розмірів та морфології включень.

2. Одержані характеристики фотопровідності гетероструктури аморфного гідрогенізованого та монокристалічного кремнію як функції розмірів та морфології аморфних включень в кристалічному субстраті дозволили визначити основні шляхи підвищення ефективності сонячних елементів.

3. Отримали подальший розвиток методи розрахунку впливу аморфних неоднорідностей на фотопровідність кристалічного кремнію в залежності від фізичних властивостей і геометрії цих неоднорідностей, що дозволило поглибити уявлення про фізичні процеси в гетероструктурах типу аморфний/кристалічний кремній.

**Обґрунтованість наукових положень та висновків.** Всі висновки роботи мають фізичне та математичне обґрунтування. Достовірність теоретичних результатів підтверджується відомими експериментальними даними, що свідчить про можливість застосування результатів дисертаційної роботи для подальшого удосконалення структур фотоперетворювачів на основі аморфного та монокристалічного кремнію.

Обґрунтованість наукових положень та висновків забезпечено комплексним підходом автора до вирішення проблеми: від постановки задачі, розробки методології теоретичного дослідження до підтвердження результатів математичного моделювання відомими експериментальними даними.

Важливість для науки результатів дисертації полягає у тому, що в результаті аналізу конструктивно-технологічних особливостей фотоелектричних перетворювачів та технології отримання неупорядкованих напівпровідників і мікрокристалічного кремнію розроблено модель енергетичного розподілу щільності електронних станів та спектру оптичного поглинання з урахуванням ступеня розупорядкованості аморфного кремнію. Відповідна програма може бути використана для подальшого вивчення більш складних структур типу аморфний/аморфний напівпровідник. Таким чином, можливості розробленої моделі далеко не вичерпані і мають перспективу подальшого використання.

**Практичне значення** результатів дисертації полягає у тому, що створено теоретичну основу для удосконалення технологій виробництва нових напівпровідникових матеріалів з наперед заданими властивостями.

Зокрема, за рахунок виявленого впливу ступеня розупорядкованості аморфної напівпровідникової структури на функцію розподілу щільності станів та взаємозв'язків структурно-залежних властивостей напівпровідників. Подане в роботі теоретичне висвітлення залежності впливу аморфних неоднорідностей на фотопровідність кристалічного кремнію від їх фізичних властивостей та геометрії відкриває шляхи для конструювання ефективних та потужних сонячних батарей.

Дисертаційну роботу написано з використанням прийнятої у відповідній науковій області термінології, досить зрозуміло та логічно. Стиль викладання матеріалу характеризується цілісністю, змістовою завершеністю, послідовністю і взаємозв'язком.

Автореферат повністю відображає основний зміст дисертації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 5 статей, з них 4 статті у спеціалізованих фахових наукових виданнях України та ще одна входить до наукометричної бази Scopus, що задовольняють вимогам ДАК МОН України до публікацій, на яких ґрунтується дисертація, 13 доповідей та тез на міжнародних конференціях та семінарах. З них 9 робіт опубліковані в спеціалізованих наукових виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Таким чином, в цілому дисертацію слід оцінити як роботу, що має достатньо високий науковий рівень. Однак **треба зазначити деякі недоліки:**

1. Дисертант пише, що «за темою дисертації опубліковано 8 статей у спеціалізованих фахових наукових виданнях України». А це зовсім не так. Тому що 4 статті не є фаховими виданнями. Крім того, три статті з журналу «Радіотехніка» є перекладом англійською мовою в журналі «Telecommunications and Radio Engineering».

2. Оскільки дослідження проводились за допомогою математичної моделі хотілося б побачити як вона отримана, які рівняння лягли в основу цієї моделі, які припущення були зроблені при отриманні її. Чим відрізнялись моделі при дослідженні напівпровідникових матеріалів на основі кристалічного та аморфного кремнію.

3. На мій погляд в дисертації недостатньо обґрунтовані отримані результати досліджень. Немає порівнянь в процентному відношенні з відомими експериментальними результатами досліджень. Сама математична модель може вносити корективи при отриманні результатів, тому що вибір параметрів моделі суттєво може вплинути на кінцевий результат.

4. З матеріалів дисертації та автореферату не видно чи перевірялись вони на плагіат.

Вказані недоліки могли б покращити роботу, але не спотворюють суть

роботи, не впливають істотно на кінцеві результати досліджень, виконаних автором, не зменшують наукову значущість і актуальність дисертації та не знижують високу оцінку наукового рівня дисертаційної роботи, оскільки матеріали дисертації відомі широкому колу фахівців, доповідались на багатьох міжнародних та республіканських конференціях.

**Висновки по роботі в цілому.** Дисертаційна робота О.Ю. Бабиченко «Фотоелектричні властивості структур кристалічного кремнію з гідрогенізованими нанорозмірними вкрапленнями» є закінченим і цілісним дослідженням, з чіткою структурою і логічним викладенням матеріалу та свідчить про значний персональний внесок автора в науку. Відображені в ній нові наукові результати отримання властивостей гетероморфних напівпровідникових матеріалів на основі кристалічного та аморфного кремнію різного виду та ступеня аморфізації є суттєвим досягненням та базою для подальшого розвитку технології фотоперетворюючих пристроїв та приладів. З урахуванням актуальності, новизни, теоретичної та практичної значущості результатів та відповідності змісту дисертації спеціальності 01.04.01, вважаю, що дисертаційна робота О.Ю. Бабиченко «Фотоелектричні властивості структур кристалічного кремнію з гідрогенізованими нанорозмірними вкрапленнями» повністю відповідає вимогам Положення Кабінету Міністрів України про порядок присудження наукових ступенів щодо кандидатських дисертацій за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем, а її автор, Оксана Юріївна Бабиченко, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент  
доктор фіз.-мат. наук, професор,  
професор кафедри фізичної і  
біомедичної електроніки та  
комплексних інформаційних  
технологій Харківського  
національного університету  
імені В.Н. Каразіна МОН України



Ю.В. Аркуша

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ  
Начальник відділу  
кадрів