

## **Рецензія**

на дисертаційну роботу

Тащука Романа Юрійовича

**“Деформація анізотропних кристалів з різко нелінійними механічними властивостями в умовах обмеженої релаксації напружень”**,

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань  
10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

### **Актуальність дисертаційного дослідження**

На даний час ауксетичні матеріали застосовуються у найрізноманітніших галузях людської діяльності, зокрема, в аерокосмічній техніці, будівництві сейсмічно і ударно-стійких споруд, виробництві військової техніки, біомедицині тощо. Широке використання ауксетичних матеріалів і композицій із них потребує прогнозування поведінки таких матеріалів у різноманітних силових полях та еволюції їх властивостей у часі. Однак загальної теорії, яка могла би адекватно описати поведінку ауксетичних матеріалів у зовнішніх силових полях, на сьогодні не існує. Тому дослідження особливостей формування ауксетичних властивостей у широкого кола матеріалів з різним типом хімічного зв'язку і кристалічної будови у широкому інтервалі температур, напрямків у кристалі та концентрацій (для сплавів) і спроба виявлення можливих механізмів їх пружної та пластичної аномальної деформації є, без сумніву, задачею актуальною і в науковому, і у прикладному сенсі. А використані автором вимірювання швидкостей поширення акустичних хвиль та визначення пружних констант кристалів усіх категорій в рамках теорії пружності для анізотропних кристалів, а також використання методів фізичної акустики та обробки експериментальних результатів за допомогою інформаційних технологій є на мій погляд ефективними засобами досягнення поставленої мети.

### **Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота, виконана відповідно до програм наукової тематики кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, зокрема: «Структура і фізико-механічні властивості, деформації та механізми дефектоутворення у різних конденсованих середовищах: монокристалах, полікристалах, композитних матеріалах і нанорозмірних структурах» (2016–2020 рр.) (№ держреєстрації 0116U006147) та «Виявлення, характеристика та візуалізація порушень кристалічної структури функціональних матеріалів та їх фізичні властивості» (2022-2026) (№ держреєстрації 0122U201550).

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові положення, представлені у даній дисертаційній роботі, належно обґрунтовані та добре висвітлені у відповідних розділах дисертації. Результати роботи, які винесені на захист, відповідають меті та завданням роботи, обговорювались на наукових семінарах кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики, 11-ти Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях, опубліковані в 5,5 статтях у рецензованих фахових виданнях, які індексуються в базах даних Scopus та/або WoS. Достовірність отриманих результатів ґрунтується на використанні загальноприйнятих теоретичних методів.

### **Структура дисертації**

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел до кожного з розділів, загальних висновків, та списку публікацій здобувача за темою дисертації (5,5 статей та 11 тез конференцій). Загальний обсяг роботи – 175 сторінок.

### Наукова новизна

Результати і висновки дисертації, які становлять наукову новизну, можна сформулювати наступним чином:

1. Вперше виявлені та досліджені основні ауксетичні властивості високобаричних надтвердих метастабільних монокристалів діоксиду кремнію: коеситу (моноклінна сингонія) та стишовіту (тетрагональна сингонія).
2. Побудовані характеристичні поверхні модулів Юнга, кутові розподіли коефіцієнтів Пуассона, вказівні поверхні ауксетичності, з яких визначені екстремальні значення  $\mu_{min}$  і  $\mu_{max}$  для кубічних інтерметалічних сплавів *Ag-Au*, *Cu-Ni*, *Cu-Au*, *Cu-Zn* та *Cu-Mn*.
3. Для сплавів *Cu-Ni* та *Cu-Mn* виявлено аномалії концентраційних залежностей усіх ауксетичних параметрів  $\mu_{min}(X)$ ,  $\mu_{max}(X)$  та  $S_a(X)$  поблизу точок фазового переходу першого (термопружне мартенситне перетворення) і другого (феромагнетик–парамагнетик) роду, відповідно.
4. Запропонований механізм релаксації механічних напружень у часткових (змішаних) ауксетичних кристалах  $\alpha$ -кварцу,  $\alpha$ -кристобаліту, *Cu-Mn* та в 2D-шарах індію в умовах обмеженої рухливості дислокацій (дислокаційних перегинів) вузькими ( $10^{-6}\text{м} - 10^{-8}\text{м}$ ) каналами підвищеної пластичності поблизу ядра дислокацій, які залягають у ауксетичних напрямках у кристалах, або виникають у напрямках, де  $\mu \geq 0,5$ .

### Практичне значення одержаних результатів

Отримані в роботі результати моделювання поверхонь кутових розподілів коефіцієнтів Пуассона, вказівних поверхонь ауксетичності, ступеню ауксетичності та механізму релаксації механічних напружень для анізотропних частково ауксетичних кристалів дозволяють прогнозувати деформаційну поведінку цих матеріалів, при їх використанні у конструкціях з високими ударно-енергетичними та сейсмічно стійкими характеристиками.

Розроблені підходи для дослідження зміни характеру деформації тонких мікро-наношарів в залежності від температури і напрямків у кристалах при жорсткому термоциклюванні в умовах відкритого космосу можуть бути використані для вирішення проблеми надійності індієвих мікроконтактів у фліп-чіпах, і, особливо, 2D-наноконтактів у датчиках гравітаційних хвиль.

Результати роботи також можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці спецкурсів у галузі фізики твердого тіла, фізичного матеріалознавства та суміжних до них розділів фізики, при написанні посібників і методичних матеріалів.

### **Зауваження та запитання**

1. У роботі використовується пакет комп'ютерних програм, який дозволяє визначити основні характеристики ауксетичності у кристалах. Проте не описано характеристики таких програм (на якій мові та у якому середовищі розроблені програми, програми розроблені автором чи використано готові програмні продукти?).

2. На деяких рисунках не вказані одиниці виміру величин (наприклад, на рис. 2.2).

3. Є окремі неточності у структурі дисертації, зокрема, в третьому розділі описано завдання дослідження, що було б доречно зробити у першому розділі.

4. У роботі містяться незначні неточності та описки.

Висловлені зауваження не применшують наукові досягнення дисертації Тащука Р. Ю. та не впливають на висновок про належний рівень дослідження і його загальну позитивну оцінку.

### **Відсутність порушення академічної доброчесності**

Дисертаційне дослідження є самостійною науковою працею автора. Висновки, рекомендації та пропозиції, що характеризують наукову новизну дисертаційного дослідження, одержані автором особисто. При використанні праць інших учених для аргументації окремих положень дослідження

використовувались посилання на відповідні праці. Тобто у дисертації та наукових публікаціях Тащука Р.Ю. відсутні порушення академічної доброчесності.

### Загальний висновок

Дисертаційна робота Тащука Романа Юрійовича «Деформація анізотропних кристалів з різко нелінійними механічними властивостями в умовах обмеженої релаксації напружень», яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія є актуальною, завершеною і самостійною працею, виконана з використанням відповідних методів дослідження, має наукове й практичне значення. Робота відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 431 від 21.03.2022 р.).

Вважаю, що Тащук Роман Юрійович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії у галузі знань 10 – «Природничі науки за спеціальністю» 104 – «Фізика та астрономія».

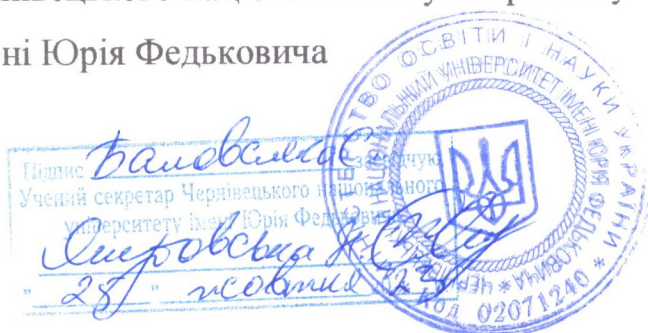
Рецензент

доктор технічних наук, доцент,

доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

Чернівецького національного університету

імені Юрія Федьковича



 Сергій БАЛОВСЬКИЙ