

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента

Анісімова Володимира Миколайовича на дисертаційну роботу Удовицької Юлії Анатоліївни «Розробка епоксикомпозитних покриттів, модифікованих радіаційним випромінюванням, для захисту напівпровідникових матеріалів», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Успіхи людства у освоєнні космічного простору, ядерних та адитивних технологій залишають у індустріальному минулому знання класичної механіки, елементарної хімії, фізики, основ матеріалознавства. Сьогодні необхідно переглядати застарілі концепції, які стали догмою, і шукати нові шляхи інноваційного прориву. Тим паче, що сучасні досягнення технічної фізики, електроніки, фізико-хімічної механіки відкривають широкі можливості впливу на полімери на усіх стадіях його життєвого циклу з метою набуття покращених властивостей, які потребуються.

У зв'язку із вищенаведеним, дисертаційна робота Удовицької Юлії Анатоліївни, яка присвячена розробці епоксикомпозитів з високим комплексом фізико-механічних характеристик та технології формування на їх основі покриттів для екранування напівпровідників від впливу радіаційних випромінювань, агресивного середовища та високоенергетичних фізичних полів є актуальною, своєчасною та викликає науковий і практичний інтерес.

Слід відзначити, що дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідних робіт, які були виконані на кафедрі матеріалознавства Луцького національного технічного університету, де авторка приймала участь як основний відповідальний виконавець.

### **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій і їхня достовірність**

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів підтверджується використанням апробованих методів математичного планування

експерименту та моделювання а також використанням стандартизованих та загальноприйнятих у світі сучасних підходів до комплексних досліджень.

Для вивчення особливостей молекулярної та надмолекулярної структури були використані методи ІЧ-спектроскопії; електронної мікроскопії тощо.

Достовірність досліджень, що проведені у розділах 3-4, не викликає сумнівів, оскільки вони базуються на викликах реального виробництва, підтверджуються конкретністю постановки завдань, системному підході, мають велике практичне значення. Наукові положення і висновки, сформульовані в дисертації, обґрунтовані з наукової і технічної точки зору і підтверджуються їх практичною реалізацією.

Аналіз висновків та отриманих в роботі результатів показує, що дисертація Удовицької Ю.А. має внутрішню єдність, містить обґрунтовані положення. Висновки по розділах відображають отримані результати та логіку досліджень. Рекомендації, розроблені в дисертації, мають практичну спрямованість.

### **3. Наукова новизна одержаних результатів**

В процесі розв'язання науково-технічних задач, які були поставлені в роботі, виходячи з її мети, авторкою було отримано низку нових науково-технічних результатів:

- визначено залежність фізико-механічних характеристик епоксиполімерів, вмісту золь-фракції від поглинутої дози електронного випромінювання з енергією 10 MeV та 12 MeV;

- для монокристалів n-Ge та n-Si, покритих шаром наповненого порошками металів заліза та алюмінію, одержано температурні залежності концентрації електронів і питомої електропровідності, визначено концентрацію радіаційних дефектів та встановлено ступінь магнітної чутливості залежно від індукції зовнішнього магнітного поля;

- встановлено, що іонізаційні втрати енергії швидких електронів значно перевищують радіаційні та зростають за умови введення до епоксиполімерної матриці порошоків алюмінію або заліза.

#### **4. Значення одержаних результатів для науки і практики**

Найбільш вагомим новим науковим результатом дисертації вважаю те, що в результаті теоретичних та експериментальних досліджень з вивчення впливу високоенергетичного електронного випромінення і режиму термообробки, розроблено технологію одержання епоксикомпозитів з підвищеними механічними та електричними характеристиками для захисту монокристалів кремнію і германію від радіаційних впливів.

Переконуючим прикладом практичного використання є розробка технологічних рекомендацій щодо захисту напівпровідникових елементів електроніки для безконтактного вимірювання великих струмів в умовах ПрАТ «Волиньобленерго» (м. Луцьк).

#### **5. Повнота викладення основних результатів роботи**

Основні результати дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковано в 16 наукових працях, із яких: 3 статті опубліковано у журналах, що входять у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science, 4 статті опубліковані у фахових та закордонних виданнях, 8 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях, автор розділу у монографії. Основні наукові положення і висновки, які представлені в дисертації та авторефераті, ідентичні між собою. Автореферат відображає актуальність роботи, зміст і суть одержаних наукових результатів, їх практичне значення, детально виокремлює особистий внесок здобувача та демонструє широку апробацію результатів досліджень.

Теоретичні положення і практичні результати оригінальні, взаємопов'язані та отримані на основі фундаментальних й прикладних досліджень. Результати роботи свідчать про особистий вклад здобувача в науку. Висунуті в роботі задачі послідовно вирішені автором. Таким чином, досягнуто поставлену мету дослідження: вивчення впливу високоенергетичного електронного випромінення і режиму термообробки на формування структури та властивості епоксикомпозитних радіаційно-захисних покриттів для монокристалів кремнію та германію

## **6. Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому**

Робота складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 243 найменувань та додатку (акт впровадження). Загальний обсяг роботи складає 176 сторінок, містить 52 рисунки, 11 таблиць. Обсяг дисертаційної роботи не перевищує встановлені норми.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів. Наведено відомості про апробацію роботи та публікації.

**У першому розділі «ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТНИХ ТА НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ»** на основі використання існуючих публікацій проведено аналіз сфер застосування епоксикомпозитів, виявлено їх “вузькі сторони”, визначено перспективні напрямки досліджень.

**Другий розділ «ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ»** присвячений вибору матеріалів та методів досліджень.

Подано характеристику матеріалів, що використані для формування епоксиполімерних композитів і захисних покриттів на їх основі.

Наведено методики дослідження фізико-механічних, електричних, гальваномагнітних властивостей, макро- та мікроструктури, інфрачервоної спектрофотометрії, золь-гель хроматографії.

**У третьому розділі «ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ОПРОМІНЕНИХ ЕЛЕКТРОНАМИ ЕПОКСИПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ»**, на мій погляд, наведено найбільш вагомі результати. Досліджено характер структурування епоксиполімерів при зміні режиму радіаційно-термічної обробки. Визначено раціональний режим комплексної обробки у фізичних полях та вмісту твердника, що забезпечує високі фізико-механічні характеристики епоксиполімерів. Зафіксовано позитивний вплив радіаційного випромінювання потоками електронів в діапазоні 60-70 кГр з наступною термообробкою на формування епоксиполімерної сітки та властивості епоксиполімерів, а також вплив випромінювання потоками електронів низьких доз на механічні властивості.

У четвертому розділі «РОЗРОБКА РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ» виявлено основні дефекти у монокристалах германію та кремнію, які виникають під час радіаційного опромінення та запропоновано технологію їх ефективного захисту.

Встановлено, що розроблені епоксикомпозити, наповнені порошком заліза, мають надійний екрануючий ефект.

Результати експериментальних досліджень впроваджено в умовах ПрАТ «Волиньобленерго».

У **висновках** сформульовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

Таким чином, дисертація Удовицької Ю.А. за змістом представляє собою завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і практичних результатів, що свідчить про індивідуальний внесок здобувача в науку і практику. Дисертація написана і оформлена згідно з вимогами. Автореферат у повній мірі відображає зміст дисертації.

## **7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації та автореферату**

1. На мій погляд, авторкою бездоказово використано терміни “модифікація”, “структурна модифікація”. Підставою для використання даних термінів обрано факти змінення фізико-механічних властивостей епоксикомпозитів та їх надмолекулярної структури. Однак відомо, що, змінюючи фізичну структуру, змінюється кінетика хімічних реакцій в полімері, молекулярна вага, ступінь кристалічності та ін.. Нажаль таких доказів у роботі не було наведено.

2. У роботі зустрічаються такі терміни як “експлуатаційні властивості”, “експлуатаційні характеристики” епоксикомпозитів (наприклад, стор. 17, 18, 22, 23, 26, 59, 63, 66, 78). У полімерному матеріалознавстві будь-які матеріали не мають таких характеристик та властивостей. Вони притаманні вже готовим виробам із розроблених матеріалів. Наприклад, роботоздібність машин, вібростійкість агрегатів.

3. Авторка посилається на застарілі стандарти, наприклад ГОСТ 10587-84, ГОСТ 6058-73, ГОСТ 13610-79, ТУ6-02-594-85 (стор. 5, 6, 10, 62, 63, 64, 66, 67).

4. У роботі не наведено режимів, при яких проводились триботехнічні дослідження на машині тертя СМЦ-2 (діапазон швидкостей та питомого навантаження).

5. Чому, у відповідності до табл. 1.1 (стор.45), для зниження міцності у 2 рази полікапролактаму потребується доза радіаційного випромінювання у 167 разів менша, ніж для поліаміду ? Адже загальновідомо, що полікапролактаму і поліамід це синоніми.

6. На стор. 62 має місце посилання за текстом на табл. 2.1, яка відсутня.

7. На рис. 2.6 мають місце позначення 1,2, 3,4, однак ні за текстом, ні у підрисуночному надписі їх розшифрування не наведено.

8. У третьому розділі роботи наведено спектрограми в інфрачервоному діапазоні поглинання епоксикомпозитів при різних варіантах термічної і радіаційної обробки, однак масштаб інтенсивності пропускання різний, що ускладнює проведення порівняльного аналізу, наприклад, при підрахунках площ піків.

9. На рис.3.16 (стор. 106) наведено мікрофотографії поверхонь зламу епоксикомпозитів залежно від режиму обробки. Як їх можливо порівнювати, якщо збільшення відрізняється у 4 рази ?

## **8. Висновок про відповідність встановленим вимогам**

У дисертаційній роботі здобувачем отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати щодо встановлення закономірностей впливу високоенергетичного електронного випромінювання і режиму термообробки на формування структури та властивостей епоксикомпозитних радіаційно-захисних покриттів для монокристалів кремнію та германію

Зауваження, які зроблені до окремих положень дисертації, не стосуються кваліфікаційних ознак роботи і не зменшують її загального наукового рівня.

Загалом, дисертаційна робота Удовицької Юлії Анатоліївни «Розробка епоксикомпозитних покриттів, модифікованих радіаційним випромінюванням, для захисту напівпровідникових матеріалів», є завершеним науковим дослідженням, відзначається актуальністю,

обґрунтованістю отриманих результатів, має наукову й практичну цінність, достатню повноту викладених матеріалів в опублікованих працях та відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема, пунктам 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів...» від 24 липня 2013 р. за № 567, а її авторка заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент, професор кафедри технології машинобудування Національної металургійної академії України, доктор технічних наук, доцент

В.М. Анісімов

Підпис Анісімова В.М.

засвідчую

начальник відділу кадрів

В.С. Шифрін

