

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Рудченко Світлани Олегівни «Структура та властивості плівок, осаджених із потоків C_{60} », представленої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

1. Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Рудченко Світлани Олегівни спрямована на розв'язання важливої задачі фізики тонких плівок, а саме на вивчення структурного стану низки нових типів плівкових матеріалів, осаджених із потоків C_{60} та на встановлення кореляції між їх структурним станом та фізичними властивостями. Складність цього завдання полягає в тому, що вивчення нових об'єктів зі зниженою розмірністю, наприклад, тонких плівок з двовимірними включеннями, нанокompatитів та багатошарових систем може супроводжуватися проявом нових специфічних фізичних властивостей, що пов'язано з їх розмірною чутливістю та наявністю структурних особливостей.

Об'єктами дослідження дисертації Рудченко С.О. є нові наноструктуровані плівкові матеріали на основі декількох форм вуглецю та багатошарові гетеросистеми на їх основі. Інтерес до таких матеріалів проявляється, у першу чергу, в зв'язку з їхньою унікальною електронною будовою, високими характеристиками міцності, провідності, особливими оптичними властивостями та поєднанням аморфного та нанокристалічного станів. Розробка нових типів напівпровідникових вуглецевих матеріалів, дослідження особливостей формування їх структури та встановлення їх фізичних властивостей дасть можливість сформулювати та оптимізувати вихідні характеристики цих матеріалів для цільових розробок нових пристроїв опти- і наноелектроніки. Саме такого напряму дотримувалась Рудченко С.О. при проведенні комплексних досліджень за темою дисертації.

Тематика дисертаційної роботи Рудченко С.О., без сумніву, є актуальною. Вона органічно пов'язана з планами держбюджетних науково-дослідних робіт, що виконувались на кафедрі фізики металів та напівпровідників Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» згідно з

наказами Міністерства освіти та науки України, а саме: «Дослідження процесів формування та еволюції наноструктурованих матеріалів в умовах радіаційно-термічного впливу» (№ ДР 0112U000411, 2012–2014 р.); «Проведення проблемно-орієнтованих пошукових досліджень і створення науково-технічного доробку створення нового класу композитних обтічників і відсіків перспективних ракет-носіїв» (№ ДР 0113U004592, 2013 р.); «Синтез, структура та фізичні властивості нанорозмірних плівок та систем на їх основі» (№ ДР 0113U000445, 2013–2015р.).

2. Основні наукові і практичні результати дисертації та їх новизна.

Дисертація Рудченко С.О є комплексним науковим дослідженням. Вона виконана із застосуванням різних експериментальних методів структурних досліджень, теоретичних моделей та сучасних комп'ютерних засобів і програм, що застосовувались при опрацюванні результатів. Літературний огляд укладено на основі детального аналізу джерел інформації, значна кількість яких опублікована в останні десятиріччя. В цілому це свідчить про достатню обізнаність дисертантки щодо основних питань, які були сформульовані для подальшого вивчення, та про її вміння критично оцінювати вихідні дані, використовуючи глибокий системний підхід до пошуку шляхів розв'язання завдань, поставлених у дисертаційному дослідженні.

Використаний в роботі арсенал експериментальних установок і методичних підходів (електронна просвічувальна мікроскопія, спектрометрія комбінаційного розсіювання (СКР), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (РФЕС), наноіндентування, спектрофотометрія та зйомка «темнових» та «навантажувальних» вольт-амперних характеристик) дав можливість успішно вирішити поставлені завдання.

Оцінюючи оригінальні результати дисертаційної роботи, які викладені у 3-му, 4-му та 5-му її розділах, в першу чергу, відзначимо положення, які визначають **наукову новизну**:

1. На основі систематичного, комплексного дослідження вперше встановлені закономірності формування структури та виявлено

структурний стан нанокристалічних включень алмазоподібних вуглецевих плівок, отриманих з іонних потоків фулерену C_{60} з енергією 5 кеВ при різних температурних режимах.

2. Поєднуючи результати, одержані з використанням методик просвічувальної електронної мікроскопії, СКР та РФЕС, показано, що за рахунок не типових для алмазоподібних плівок структурних змін при температурах підкладки 300, 400°C формується новий тип нанокомпозитних вуглецевих матеріалів, які складаються з нанокристалів графіту, що мають провідність n-типу, оточених аморфною вуглецевою фазою з р-типом провідності.
3. На підставі аналізу результатів, одержаних при дослідженні фізичних властивостей, встановлено, що новий вуглецевий матеріал є надтвердим. Він має твердість H до 50 ГПа і модуль пружності E до 370 ГПа, а також високу електропровідність $\sigma > 10^3$ См/м. Спектр фотопоглинання нанокомпозиту формується одночасно алмазоподібною аморфною матрицею і нанокристалами графіту та охоплює видимий і УФ діапазони.
4. Вперше створена та досліджена гетеросистема на основі фулериту C_{60} і алмазоподібною вуглецевою плівкою (скло/ITO/DLC/ C_{60} /Ag), яка проявляє фотовольтаїчний ефект. Те що р-n перехід формується саме на міжфазній границі шарів DLC і C_{60} обґрунтовано на підставі аналізу «темної» і «навантажувальної» вольт-амперних характеристик та даних щодо наявності омичного контакту між ITO, Ag та фоточутливими шарами. А також показана можливість модифікації структури і властивостей алмазоподібних вуглецевих плівок, що застосовуються в гетеросистемах, за рахунок формування на їх поверхні квантових точок.

Вперше отримані наукові результати щодо нового типу напівпровідникових наноструктурованих вуглецевих матеріалів та вуглець-вуглецевих гетеросистем безсумнівно мають **практичну цінність** для розробок нових пристроїв опто- і наноелектроніки та в цілому для розвитку уявлень фізики наноструктур.

3. Достовірність отриманих у роботі результатів. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Достовірність результатів, які одержала дисертантка, забезпечена завдяки тому, що:

1. Дисертантка використовувала надійні та сучасні методи атестації внутрішньої будови і фізичних властивостей тонких плівок, нано- і гетеро систем, що вже обговорювалося вище.

2. Дисертанткою враховані теоретичні моделі та концепції щодо механізмів формування вуглецевих матеріалів, які мають властивості подібні до властивостей алмазу в поєднанні з аморфним станом.

Висновки роботи є достатньо обґрунтованими. Це забезпечується завдяки тому, що:

1. В основу дисертаційної роботи покладено великі за обсягом експериментальні результати, що в своїй більшості є оригінальними та були одержані в процесі проведення систематичних комплексних досліджень.

2. Отримані в роботі експериментальні дані дисертантка порівнювала з літературними даними та розрахунково-теоретичними моделями для подібних об'єктів.

4. Повнота викладу основних наукових і практичних результатів в опублікованих наукових працях. Завершеність і стиль викладу.

Основні наукові і практичні результати дисертації пройшли всебічну апробацію на наукових конференціях, у тому числі і на міжнародних. Матеріали дисертації Рудченко С.О. повно відображені в 14 публікаціях, з них 6 статей надруковані у фахових міжнародних та вітчизняних журналах.

Текст дисертації написаний з використанням і дотриманням наукового стилю викладення матеріалу, що аналізується.

Зміст автореферату кандидатської дисертації Рудченко С.О. вірно і повно відображає основний зміст її дисертації. Кандидатська дисертація Рудченко С.О. є завершеним актуальним науковим дослідженням, виконаним на високому рівні.

Тема дисертаційної роботи і зміст її наукових і практичних результатів повністю відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 - фізика твердого тіла.

5. Наукова і практична значимість результатів дисертації.

Основні наукові результати, отримані в дисертації Рудченко С.О., важливі для фізики наноструктур, опто- і наноелектроніки, та в цілому для фізики і техніки багатофункціональних покриттів. Розроблені та досліджені вуглецеві плівки, можуть застосовуватися як захисні покриття, оптичні вікна, біомедичні покриття, функціональні шари в оптоелектроніці тощо. Новий надтвердий нанокompозитний вуглецевий матеріал є матеріалом з унікальною електронною структурою, що визначає широкі перспективи його використання в електроніці, опто- і наноелектроніці та в інших галузях науки і техніки.

6. Зауваження по змісту дисертації.

Зауваження до змісту дисертаційної роботи Рудченко Світлани Олегівни:

1. Найбільший інтерес становлять плівки, в яких, як витікає з тексту дисертації, у аморфній вуглецевій матриці знаходяться нанокристали графіту. Вважаю, що ці об'єкти було б доцільно дослідити з використанням електронної мікроскопії високої роздільної здатності. Це дало б однозначну відповідь на питання про їх мікроструктуру.

2. На мій погляд у роботі недостатньо детально обговорюються механізми утворення нанокompозитних структур при зіткненні високоенергетичних іонів C_{60} з вуглецевими плівками.

3. У тексті дисертаційної роботи ніяк не відображено наявність sp-зв'язків та їх можливий вплив на властивості досліджуваних зразків.

4. Абревіатуру ІТО варто було б розшифрувати. Фраза на 101 сторінці «В аморфных углеродных пленках (DLC) возможно формирование...» некоректна, оскільки не будь-яка аморфна плівка є DLC.

Слід відзначити, що наведені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Рудченко С.О. Загальний рівень результатів, які одержані в дисертації, є достатньо високим.

Тема дисертаційної роботи і зміст її наукових і практичних результатів повністю відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 - фізика твердого тіла.

5. Наукова і практична значимість результатів дисертації.

Основні наукові результати, отримані в дисертації Рудченко С.О., важливі для фізики наноструктур, опто- і наноелектроніки, та в цілому для фізики і техніки багатофункціональних покриттів. Розроблені та досліджені вуглецеві плівки, можуть застосовуватися як захисні покриття, оптичні вікна, біомедичні покриття, функціональні шари в оптоелектроніці тощо. Новий надтвердий нанокompозитний вуглецевий матеріал є матеріалом з унікальною електронною структурою, що визначає широкі перспективи його використання в електроніці, опто- і наноелектроніці та в інших галузях науки і техніки.

6. Зауваження по змісту дисертації.

Зауваження до змісту дисертаційної роботи Рудченко Світлани Олегівни:

1. Найбільший інтерес становлять плівки, в яких, як витікає з тексту дисертації, у аморфній вуглецевій матриці знаходяться нанокристали графіту. Вважаю, що ці об'єкти було б доцільно дослідити з використанням електронної мікроскопії високої роздільної здатності. Це дало б однозначну відповідь на питання про їх мікроструктуру.

2. На мій погляд у роботі недостатньо детально обговорюються механізми утворення нанокompозитних структур при зіткненні високоенергетичних іонів C_{60} з вуглецевими плівками.

3. У тексті дисертаційної роботи ніяк не відображено наявність sp-зв'язків та їх можливий вплив на властивості досліджуваних зразків.

4. Абревіатуру ITO варто було б розшифрувати. Фраза на 101 сторінці «В аморфных углеродных пленках (DLC) возможно формирование...» некоректна, оскільки не будь-яка аморфна плівка є DLC.

Слід відзначити, що наведені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Рудченко С.О. Загальний рівень результатів, які одержані в дисертації, є достатньо високим.

Вважаю, що дисертація Рудченко С.О. «Структура та властивості плівок, осаджених із потоків C_{60} » є закінченим науковим дослідженням, в якому розв'язана актуальна наукова задача щодо встановлення закономірностей формування структури тонких вуглецевих плівок, одержаних з молекулярних та іонних потоків фулерену C_{60} , в залежності від умов синтезу і встановлення взаємозв'язку між структурою плівок та їх фізичними властивостями. За своїм тематичним спрямуванням, використаними засобам досліджень і одержаними науковими та практичними результатами вона відповідає паспорту наукової спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла, фізико-математичні науки. Рівень одержаних результатів, їх актуальність, наукова новизна та ступінь опублікування в науковій періодиці дають підставу стверджувати про повну відповідність дисертаційної роботи Рудченко С.О. вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника. Автор дисертації заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,
провідний науковий співробітник Науково-дослідної частини
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Дукаров С.В.

Підпис Дукарова С.В. засвідчую
Учений секретар Харківського
національного університету
імені В.Н. Каразіна,
кандидат політичних наук, доцент



Вінникова Н.А.