

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Онопрієнка Олексія Олексійовича „Механізми формування структури та властивостей тонких плівок на основі аморфного вуглецю, які одержують магнетронним методом”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Дисертаційна робота О. О. Онопрієнка присвячена проблемі формування та еволюції структури аморфних вуглецевих плівок, які одержують магнетронним методом, при конденсації та наступному відпалі як монофазних (a-C) плівок, так таких, що містять певні елементи періодичної системи

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена необхідністю створення нових плівкових матеріалів для різних галузей промисловості. Вуглець це унікальний елемент, який відрізняється від інших елементів здатністю утворювати структури із різним типом зв'язку атомів. Серед відомих форм вуглецю тонкі плівки займають особливе місце завдяки цілому комплексу властивостей, а саме: високій твердості та зносостійкості, низькому коефіцієнту тертя, прозорістю в широкому діапазоні спектра (аж до інфрачервоної області), хімічної інертності та ін.

Слід, однак, відмітити, що незважаючи на певні переваги методу магнетронного розпилення, робіт по дослідженню вуглецевих плівок, які одержують цим методом, у загальній масі публікацій порівняно небагато. Процеси структуроутворення та їх зв'язок із різними параметрами процесу осадження, еволюції структури плівок при конденсації та відпалі систематично не досліджувались. Однак зрозуміло, що без знання механізмів формування структури плівок та впливу фізико-технологічних параметрів методу неможливо одержати плівкові матеріали із наперед заданими властивостями. У зв'язку з цим дослідження, виконані в дисертаційній роботі,

є логічно сформульованими задачами, вирішення яких створює наукову основу для розробки технологічних прийомів для одержання плівок аморфного вуглецю із прогнозованими структурою та властивостями.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що в роботі вперше:

. Встановлено, що при осадженні в інтервалі 20-400°C на підкладках формуються аморфні плівки, структурним елементом яких є нанокластери розміром ~2 нм, які містять в собі правильні та спотворені кільця типу ароматичних. При підвищенні температури конденсації в цьому інтервалі формуються плівки із більш упорядкованою структурою. При температурі конденсації вище 500°C відбувається зміна механізму на підкладках формуються плівки полікристалічного графіту. Показана можливість керованого синтезу плівок в різному структурному стані із, відповідно, різними властивостями.

2. Експериментально встановлено, що аморфні вуглецеві плівки, отримані методом магнетронного на постійному струмі розпилення графітової мішені, проявляють анізотропію електричного опору

3. Встановлено, що структура а-С плівок, осаджених при низькій температурі, є стабільною по відношенню до відпалу при температурах до 650°C. При перевищенні цієї температури в структурі плівок відбуваються процеси упорядкування кластерів в графітоподібні фрагменти.

4. Показано, що додавання в а-С плівки домішків бору та кремнію не змінює, в цілому, механізм формування структури плівок, але атоми цих елементів замінюють атоми вуглецю в кільцях це призводить до додаткового спотворення структури плівок.

5. Встановлено, що в а-С плівках, які містять металеві (Cu та Ag) домішки та осаджені при низькій температурі підкладки, атоми металу розподіляються рівномірно по об'єму плівок, не порушуючи їх аморфну структуру. При осадженні плівок на підкладку при високій температурі або

відпалі плівок, які були осаджені на підкладку при низькій температурі, формуються наночастинки металу як на поверхні плівок, так в їх об'ємі

6. Вивчено механізми коалесценції при тривалому відпалі в ансамблі частинок Cu та Ag, які формуються на поверхні a-C:Me плівок. Встановлено, що в ансамблі частинок Cu перенос маси здійснюється поверхневою гетеродифузією, а в ансамблі частинок Ag діє змішаний механізм поверхневої гетеродифузії та злиття частинок внаслідок їх переміщення як цілого по поверхні вуглецевої плівки

Обґрунтованість та достовірність отриманих автором експериментальних даних підтверджується комплексом використаних сучасних апробованих методів: комбінаційного розсіювання світла, Оже-електронної спектроскопії, електронно-зондового мікроаналізу, оптичної мікроскопії, просвічувальної та скануючої електронної мікроскопії, вимірювання електричного опору, наноіндентування. При цьому основні результати роботи, отримані за допомогою різних методик, добре погоджуються між собою. Отримані автором експериментальні результати мають чітке фізичне обґрунтування та пояснення, що не суперечать загально прийнятим фізичним теоріям і засадам.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до тематичного плану науково-дослідних робіт ІІМ НАНУ, а саме наступних програм та тем:

“Розробка методів одержання плівок вогнетривких сполук, дослідження їх структури та властивостей, визначення перспективних областей їх застосування“, № держ. реєстр. 01860060676;

“Створення наукових підвалин та розробка технологічних засад нанесення плівок керамічних матеріалів методами іонно-плазмового осадження“, № держ. реєстр. 01910024130;

“Процеси газофазного осадження сполук різноманітної хімічної природи, вивчення структури властивостей покриттів, тонких плівок,

полікристалічних матеріалів та монокристалів“, № держ. реєстр. 0193U017364;

“Дослідження процесів легування аморфних вуглецевих плівок з метою стабілізації алмазоподібних структур“, № держ. реєстр. 0197U017350;

“Дослідження закономірностей структуроутворення та властивостей надтвердих плівкових наноструктур вуглецю та сплаву W-Ti-N, одержуються іонно-плазмовими методами“, № держ. реєстр. 0101U004214;

“Дослідження умов формування та властивостей надтвердих плівкових наноструктур в системі вуглець-кремній“, № держ. реєстр. 0101U002923

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, встановлені в роботі механізми формування та еволюції структури вуглецевих плівок, зв'язок їх структури та властивостей з параметрами осадження магнетронним методом є науковою основою для розробки технологічних методів одержання вуглецевих плівок із прогнозованими структурою та властивостями.

Дослідження механічних властивостей а-С плівок дозволило визначити умови осадження плівок із максимальною для цього типу матеріалу твердістю.

Розроблений та використаний в роботі метод осадження а-С плівок із різними елементами-домішками шляхом розпилення складеної мішені може бути використаний для створення плівкових наноструктур із різних матеріалів.

Дослідження електрохімічної поведінки а-С плівок, які містять домішки бору, показало перспективність використання їх в якості електродів в електрохімічному виробництві як альтернативу електродам, в яких використовуються дорогоцінні матеріали.

Результати дослідження а-С плівок, які містять метали (Cu, створюють передумови для створення наноконпозиційних плівок із заданою структурою для використання в медицині в якості антибактеріальних та біосумісних покриттів на імплантатах.

Представлені в дисертаційній роботі результати в повній мірі відображені в 23 статтях та 10 трудів конференцій. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на наукових конференціях та семінарах, в тому числі міжнародних.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, у ньому викладені мета задачі дослідження, наукова новизна отриманих результатів, методики досліджень, основні результати та висновки. Автореферат оформлений належним чином.

Зауваження щодо дисертаційної роботи

1. В кінці глави, літературного огляду, відсутнє формулювання мети завдань роботи.
2. Хоча з назви дисертації і висновків, наведених в авторефераті, зрозуміла проблема, вирішена автором, однак вона ніде чітко не сформульована.
3. В роботі досліджено плівки із вмістом бору тільки 2 ат. %. Було б цікавим дослідити структурні зміни в більш широкому інтервалі концентрації бору.
4. В тексті автором часто використовується термін „температура конденсації”. Доцільно було б говорити про температуру підкладки при конденсації.
5. В роботі не пояснюється причина бі-модального характеру розподілу частинок срібла по розмірам в вихідній плівці.
6. В авторефераті на стор. 8 є помилка. Замість "область потенціалів для фонових токів - $\div +12$ В" потрібно "- $\div +1,2$ В".

Зроблені зауваження не знижують цінності одержаних у дисертаційній роботі результатів, не ставлять під сумнів достовірність та обґрунтованість основних положень, що виносяться на захист і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, яка цілком відповідає спеціальності 01.04.07 фізика твердого тіла.

Загальні висновки по роботі

В цілому, вважаю, що дисертаційна робота Онопрієнка О. О. являє собою цілеспрямоване завершене експериментальне дослідження, яке виконане на високому науковому рівні та становить інтерес як в науковому, так і в практичному відношенні. В дисертаційній роботі набули розвитку фізичні уявлення про процеси структуроутворення в плівках аморфного вуглецю, які осаджують магнетронним методом. Досліджено вплив умов осадження плівок магнетронним методом та режимів наступної термічної обробки на структуру плівок, їх електричні та механічні властивості. Дослідження механізмів формування структури плівок, які містять певні домішки, відкривають перспективи у створенні композиційних вуглецевих плівок із прогнозованими структурою та властивостями.

Висновок Дисертаційна робота „Механізми формування структури та властивостей тонких плівок на основі аморфного вуглецю, які одержують магнетронним методом” за актуальністю, ступенем обґрунтованості наукових положень, теоретичною та практичною цінністю, обсягом рівнем одержаних результатів, повнотою їх викладення в опублікованих працях за висновками повністю відповідає вимогам ДАК МОН України щодо докторських дисертацій, а її автор Онопрієнко Олексій Олексійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент –

доктор фіз.-мат. наук,
старший науковий співробітник,
начальник лабораторії надтвердих
аморфних алмазоподібних
і полікристалічних алмазних
покриттів відділу іонно-плазмової
обробки матеріалів
Національного наукового центру
«Харківський фізико-технічний
інститут» НАН України

В.Є. Стрельницький

Підпис В.Є. Стрельницького засвідчую



З С В І Д Ч У Ю

секретар

КФІ

11 2016 р.