

ВІДГУК

офіційного опонента на кваліфікаційну роботу

Пінчук Наталії Володимирівни

«ВПЛИВ ПОТЕНЦІАЛУ ЗМІЩЕННЯ В ІМПУЛЬСНІЙ ТА ПОСТІЙНІЙ ФОРМАХ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ НІТРИДНИХ ПОКРИТТІВ»

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

1. Актуальність та практичне значення роботи.

Захисні та функціональні покриття широко використовують в сучасних технологіях, пов'язаних з механічною обробкою різноманітних матеріалів. Нанесення на конструкційну основу тонкого покриття (яке може мати високу твердість, хімічну або термічну стійкість, чи забезпечувати необхідні фрикційні чи демпферні характеристики) дає можливість поєднувати властивості функціонального покриття та конструкційної основи. Зокрема, такі захисні шари широко використовують для підвищення ефективності та подовження строку експлуатації інструменту, призначеного для механічної обробки матеріалів. На даний час в якості таких покриттів широкого поширення набули різноманітні карбіди, які можуть або наноситись на поверхню виробів, або формуватись безпосередньо в ній. Проте технології, основані на використанні покриттів з класичних матеріалів, вже майже вичерпали свій потенціал.

Сучасні функціональні покриття засновані на нанокompозитних структурах, особливістю яких велика кількість внутрішніх інтерфейсів (міжзерених, або міжфазних границь). Така мікроструктура може забезпечити високі механічні властивості навіть тим матеріалам, які в масивному стані не знаходять використання для підвищення технологічних властивостей конструкційних виробів. Крім того, варто відзначити, що дослідження нанокompозитів важливі з загальнонаукової точки зору та необхідні для розуміння фундаментальних процесів, які обумовлені особливим енергетичним станом таких інтерфейсів. Зокрема процесами, що відбуваються на міжзерених та міжфазних границях, обумовлені явища внутрішнього розмірного ефекту, метал індукованої кристалізації, зміни ступеня переохолодження в системах «частинка в матриці» та інші ефекти, важливі з фундаментальної та прикладної точки зору.

Одним із сучасних типів функціональних нанокompозитних покриттів є нітридні плівки (ZrN, TiN), отримувані плазмовими методами. Поширені технології отримання таких структур забезпечують їм нанокompозитний характер, що потенційно створює можливість отримати функціональні структури з надвисокими технологічними властивостями. В свою чергу нітриди самі по собі мають достатню хімічну стійкість, що поряд з високими механічними властивостями вакуумно-дугових покриттів робить такі структури надзвичайно цікавими з прикладної точки зору.

В той же час плазмові методи отримання мають велику кількість

технологічних параметрів, які складним чином впливають на мікроструктуру шарів, що отримують з їх використанням. У свою чергу саме мікроструктура нітридних покриттів головним чином і забезпечує їх унікальні властивості. З огляду на це тема дисертаційної роботи Пінчук Н. В., спрямована на визначення параметрів осадження, які забезпечують отримання покриттів з високими технологічними властивостями, є актуальною.

Про актуальність, наукову і практичну значимість теми дисертації Пінчук Н.В. переконливо свідчить також те, що основні наукові та практичні результати були одержані здобувачкою на кафедрі «Матеріалознавство» НТУ «Харківський політехнічний інститут» у результаті проведення досліджень, спрямованих на виконання технічних завдань таких держбюджетних НДР: «Розробка матеріалознавчих основ створення нанокompозитних покриттів і модифікованих поверхневих шарів з підвищеними високотемпературними функціональними властивостями» (ДР № 0112U000402), «Розроблення матеріалознавчих основ створення композиційних матеріалів з високими фізико-механічними властивостями» (ДР № 0115U000508), «Розробка матеріалознавчих основ використання високопродуктивних іонно-плазмових технологій для трьохрівневої інженерії поверхні» (ДР № 0118U002044).

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків, рекомендацій.

Обґрунтованість наукових положень, викладених в дисертації Пінчук Н.В., гарантується їх публікацією в тринадцяти наукових працях, переважно в наукових виданнях, що індексуються БД Scopus. Дослідження, проведені здобувачкою, засновані на усталених експериментальних методиках (основний комплекс експериментальних результатів отримано з використанням рентгеноструктурних досліджень), які проаналізовані з використанням загально визнаних методик. Окремо варто відзначити використані Пінчук Н.В. прямі дослідження технологічних властивостей створюваних зміцнюючих структур, які проведені в широких технологічних умовах та можуть бути застосовані в сучасних технологіях. Загалом можна обґрунтовано стверджувати, що результати дисертаційної роботи є обґрунтованими та надійними.

3. Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Основні наукові положення дисертації викладені в тринадцяти наукових статтях та десяти тезах доповідей на наукових конференціях. Майже всі наукові статті проіндексовані науково метричною базою Scopus, що робить їх доступними світовому науковому товариству. Основні наукові положення кваліфікаційної роботи повністю відображені в опублікованих наукових статтях.

4. Основні наукові положення та їх новизна. Основні наукові результати здобувачка виклала у семи пунктах, які зводяться до визначення взаємозв'язку між умовами дугового напилення та структурою отриманих покриттів. Зокрема, Пінчук Н.В. визначила умови, які дають можливість запобігти утворенню краплинної фази у вакуумних конденсатах та

запропонувала унікальне співвідношення технологічних параметрів, яке дає можливість забезпечити невисоке значення мікронапружень з одночасним збереженням нанокристалічної структури плівок. Варто також відзначити результати, отримані при вивченні шаруватих плівкових систем TiN/ZrN, а також встановлення ролі міжфазних границь та модифікованого поверхневого шару в забезпеченні високих технологічних характеристик зміцнюючих покриттів.

5. Зауваження до змісту дисертації.

1. Перший розділ кваліфікаційної роботи містить аналіз великої кількості наукових робіт, присвячених вивченню систем TiN та ZrN. Проте в ньому в першу чергу перелічуються наявні наукові результати, без створення загальної наукової картини, щодо фізичних процесів, які характерні для досліджуваних систем та які забезпечують їм ті чи інші технологічні властивості. Здобувачка не повною мірою визначила місце своєї роботи серед інших. Із першого розділу роботи не в повній мірі зрозуміло, які саме наукові проблеми пов'язані з впливом умов отримання шарів на основі TiN та ZrN на їх мікроструктуру та взаємозв'язку між мікроструктурою та технологічними параметрами захисних покриттів вивчені недостатньо, та будуть досліджені в дисертаційній роботі.

2. Розділ два роботи виглядає значно переважаним маловажливою інформацією. І якщо опис загальновідомих та типових методів рентгеноструктурного аналізу та електронної мікроскопії можна вважати слушним, то відтворення частини інструкції з використання програми TRIM, яка стосується не фізичних основ моделювання, які реалізує це ПО, а тих клавіш, які необхідно натиснути, можна було б навести в додатку, а не основному тексті роботи.

3. Не зовсім зрозуміло, чому здобувачка, після вказівки що очищення підкладки відбувається іонами титану, потім детально описує процес очищення підкладки інертними газами. Незрозуміло, який вплив створює опромінення підкладки титаном: очищення, формування розвинутої поверхні, імплантація титану в поверхневі шари чи утворення хімічних з'єднань?

4. На мою думку здобувачка дещо надмірно сконцентрувала увагу на перелічені експериментальних результатів, проте не в повній міри прояснила їх фізичну природу. При дослідженні процесів в багатошарових плівках вона концентрувала увагу на кількості шарів в покриттях. У роботі вказано, що від кількості шарів залежить ступінь досконалості їх текстури та розмір кристалітів з яких вони утворені (рис. 5.9, 5.10). Проте важко уявити механізм, за якого саме кількість шарів буде впливати на їх властивості. Напевне ключову роль в явищах, що спостерігаються, має товщина шару, на якій варто було б сконцентрувати увагу. На жаль, спостерігаючи цікаві розмірні явища, здобувачка не зосередила увагу на фізичних чинниках, що їх викликають. Чи пов'язані розмірні ефекти, які спостерігаються власне з товщиною шарів та не залежать від умов їх отримання (саме така ситуація характерна для розмірних ефектів, обумовлених особливим енергетичним

станом інтерфейсів), чи вони обумовлені в першу чергу методикою отримання покриттів, що заснована на використанні високоенергетичних іонів? Загалом складається враження, що в дисертаційній роботі наведена велика кількість експериментальних характеристики плівок, які отримані в різних експериментальних умовах. Поряд з цим дещо обмежено представлено опис фізичних моделей, які пояснюють взаємозв'язок мікроструктури плівок з умовами їх отримання та дозволяють пояснити, чому та чи інша мікроструктура може забезпечити необхідні технологічні властивості.

5. У дисертаційній роботі є деяка кількість граматичних та коректорських помилок. Зокрема: на стор. 24 в реченні «вивчення структури і фазового складу зразків дослідження здійснювалося методами оптичної» слово «дослідження» є зайвим; на стор. 29 в реченні «Ця методика заснована на тому, що при зіткненні зазначеної вище енергії достатньо...» між словами «зіткненні» та «зазначеної» відсутня смислова частина; на стор. 33. «...не було систематизованої інформації в літературі про трибологічних властивості TiN покриттів...» слово «трибологічних» вжито в помилковій словоформі; на стор. 49 «Розорієнтація кристалічних площин, паралельних поверхні, можливо, також сприяли такій поведінці» слово «сприяли» вжито в помилковій словоформі; на стор. 53 «а також недостатньо визначений вплив тривалості імпульсної стимуляції на» замість «імпульсної» має бути «імпульсною»; на стор. 62 «абсцис визначається рівнем мікрореформацій ушлівках» замість «ушлівках» має бути «у плівках»; на стор. 64 «...елементний склад мікрооб'ємах зразка» пропущено прийменник або слово «мікрооб'ємах» вжито в помилковій формі; на стор. 67 «З'являються таблиці для кожного іона, стикається з різними атомами мішені, і докладні результати для каскадів зіткнень», «У таблиці містяться лише ті зіткнення, в результаті яких відбулося хоча б одне зсув, тобто, записується не кожне зіткнення», на стор. 68 «Заміщають зіткнення не входять в це рівняння, оскільки кожне заміщає зіткнення зменшує як кількість...», «Розрахунок каскадів, зміщень, що заміщають зіткнення і так далі...», на стор. 73 «Якщо $E_1 < E_d$, а $E_2 > E_d$ і $Z_1 = Z_2$, то прилетів атом залищиться у вузлі, зіткнення буде називатися заміщас», на стор. 74 «Натискання клавіш «Alt+S» у час обчислень – ний дозволяє побачити залежність коефіцієнта розпилення від величини поверхневої енергії зв'язку», на стор. 75 «Залежність коефіцієнта розпилювання від, поверхневої енергії зв'язку має точністю близько 30 %» – в реченнях порушено узгодження; стор. «...цьому випадку розвивається висока деформації стиснення в покритті, яка...» замість «деформації» має бути «деформація»; на стор. 90 «У теж час в кристалічній фракції переважно орієнтованою з віссю...» – порушено узгодження, «Таким чином, як свідчать результати структурних досліджень в підрозділах» – пропущено «наведених»; на стор. 119 «Моделювання виконувалось для чотирьох типів, а саме було...» – після «типів» пропущено смислову частину; на стор. 132 «Для близьких по товщині покриттів зменшення кількості бішарів, і збільшення при цьому числа шарів призводить до зниження ступеня досконалості

текстури» – речення є незрозумілим; на стор. 135 «решітки в результаті насичення шарів атомами з перехідною зоною в початкові» – порушено узгодження.

Разом з тим, вказані зауваження не ставлять під сумнів основні наукові та практичні результати, положення і висновки дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

6. Відповідність дисертації встановленим вимогам. Результати досліджень, що склали основний зміст роботи Пінчук Н.В. представлені в роботі чітко і зрозуміло. Дисертація викладена з використанням академічного стилю та якісно оформлена. Основні наукові результати викладені більш ніж у десяти статтях, оприлюднені та апробовані на різноманітних наукових конференціях. У авторефераті в повній мірі відображено основний зміст роботи, її актуальність, мету та отримані наукові результати

Вважаю, що дисертаційна робота Пінчук Н.В. виконана на достатньому науковому рівні, та в ній розв'язане важливе наукове завдання, яке полягає у отриманні наноструктурних та високоміцних вакуумно-дугових нітридних покриттів TiN, ZrN та багатопшарових TiN/ZrN, а також встановлення фізичної суті впливу параметрів осадження на структуроутворення та функціональні властивості цих покриттів.

Дисертаційна робота Пінчук Н.В. «Вплив потенціалу зміщення в імпульсній та постійній формах на структуру та властивості нітридних покриттів» відповідає усім вимогам, що встановлені «Порядком присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року зі змінами), зокрема п.п. 9,11,12, а її Авторка заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,
старший науковий співробітник
Науково-дослідної частини
Харківського національного
університету імені В.П. Каразіна,
кандидат фіз.-мат. наук

Петро Сергій ПЕТРУШЕНКО

Підпис к.ф.-м.н. Петрушенка С.І.
засвідчую:

Підпис засвідчую
Начальник служби управління
персоналом



Петро С. І.

Петрушенко