

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Логвинова Андрія Миколайовича на тему «Фізичні властивості плівкових
приладових структур на основі Ru і Co», представленої на здобуття
наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю
01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

Актуальність теми дисертації

У дисертаційній роботі Логвинова А.М. знайшла вирішення наукова проблема фізики приладів, елементів і систем щодо пошуку нового підходу до формування приладових плівкових металевих наноструктур із стійкими до температур структурними, електрофізичними та магніторезистивними властивостями. У роботі розглядається можливість використання тонких шарів Ru та мультишарів $[Ru/Co]_n$ і $[Cu/Co]_n$ для формування ефективних функціональних елементів приладів спінтроніки та сенсорної електроніки. Подібні виключно металеві приладові наноструктури здобувають популярність при виготовленні активних та пасивних електронних компонентів гнучких та багатошарових плат при виробництві сучасних гаджетів і стабільності їх роботи в різних режимах приділяється значна увага. Для цього необхідно робити поєднання матеріалів з різною комбінацією спін-залежного розсіювання електронів та проводити комплексні дослідження по встановленню закономірностей зміни їх структурно-фазового стану, електрофізичних, магніторезистивних властивостей під впливом умов отримання та дії температур.

Зазначена актуальність теми дисертаційної роботи Логвинова А.М. обумовила мету досліджень, що полягала у встановленні кореляції між фізичними характеристиками плівкових приладових структур та їх складових на основі металів VIII групи (зокрема Co, Ru або Cu) з особливостями їх структурно-фазового стану, дифузійних процесів, електрофізичних та магніторезистивних властивостей.



Новизна, обґрунтованість та зміст наукових положень та висновків

Дисертаційна робота Логвинова А.М. підготовлена на кафедрі електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету у рамках держбюджетної теми МОН України.

Із одержаних результатів можна зазначити найбільш важливі із значним ступенем новизни:

1. На основі експериментальних даних отримані розмірні залежності питомого опору та термічного коефіцієнту опору тонких плівок Ru при товщинах до 100 нм і в інтервалі температур обробки 300÷700 К;

2. На основі отриманих експериментальних даних отримані теоретичні значення параметрів електроперенесення тонких плівок Ru відповідно до відомих теоретичних моделей;

3. Уперше запропоновано формування приладових функціональних плівкових структур спін-клапанного типу на основі Co, Cu і Ru з використанням мультишарів $[Ru/Co]_n$ або $[Cu/Co]_n$ та зроблений аналіз їх ефективності роботи.

Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, що містить загальну характеристику роботи, п'яти розділів, що висвітлюють результати дослідження, висновків, додатку та списку цитованої літератури.

У *першому розділі* представлений детальний огляд сучасної наукової літератури стосовно даних кристалічної структури, параметрів електропровідності та застосування плівкового Ru у поєднанні з іншими металами, зокрема магнітним Co.

У *другому розділі* наводиться детальний опис методів та обладнання, що використовувалися при дослідженні.

У *третьому розділі* представлені експериментальні результати дослідження кристалічної структури та фазового складу, електрорезистивні властивості одношарових плівок Ru в діапазоні товщин до 100 нм і в інтервалі температур відпалювання 300÷700 К. З використанням експериментальних даних здійснено розрахунки по відомих теоретичним

моделям питомого опору та термічного коефіцієнту опору і розраховані значення енергій заліковування дефектів в тонких плівках Ru.

У *четвертому розділі* приводяться експериментальні результати дослідження структурно-фазового стану, електрофізичних та магніторезистивних властивостей дво-, багатошарових та мультишарових плівкових систем на основі Co і Ru.

У *п'ятому розділі* запропоновані методи отримання функціональних приладових структур спін-клапанного типу на основі Co, Cu і Ru та мультишарів $[Ru/Co]_n$ або $[Cu/Co]_n$ та представлені результати експериментального дослідження їх властивостей та робочих характеристик.

Практичне значення результатів роботи

Важливо зауважити, що отримані в роботі результати мають передусім практичну цінність оскільки була запропонована методика виготовлення приладових функціональних багатошарових плівкових елементів спін-клапанного типу на основі Co, Cu і Ru з використанням мультишарів. Детальне експериментальне вивчення кристалічної структури, фазового складу та електрофізичних властивостей одношарових плівок Ru дозволило вперше отримати відносно повні експериментальні розмірні залежності параметрів, які використовуються в експериментах та апробаціях теоретичних моделей.

Отримані у роботі наукові і практичні результати можуть бути використані в дослідницьких лабораторіях, де займаються проблемами плівкового матеріалознавства та приладобудуванням університетів МОН України та наукових установ НАН України.

Достовірність отриманих результатів

Достовірність отриманих оригінальних результатів у дисертаційній роботі Логвинова А.М. забезпечується використанням широкого спектру

точних та надійних експериментальних методів на основі сучасних приладів та обладнання з використанням чистих матеріалів. Комплексний підхід до вирішення поставлених завдань дали змогу отримати данні, що мають відповідність з подібними даними інших авторів.

Основні результати роботи оприлюднені у 5 статтях у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, серед яких 2 статті у фаховому виданні України та 3 статті у матеріалах міжнародної конференції, також 1 розділі колективної монографії, 1 патенті України на корисну модель і 7 тезах доповідей на конференціях.

Зауваження до роботи

1. У розділі 3 та 4 звертає на себе увагу некоректність зображення гістограм розподілу розмірів зерен в зразках (рис. 3.6, 4.3, 4.4 та 4.9). По-перше вони мають між собою відмінності у методі побудови, по-друге на всіх присутня незаповнена ділянка біля нуля по осі розмірів зерен. Не зовсім зрозуміло чи в цьому є певний фізичний зміст або це лише особливості методу подачі даних.

2. У розділі 3 п. 3.3. при здійсненні розрахунків параметрів електроперенесення в плівках за відомими теоретичними моделями та при обробці отриманих результатів не ясно чи була врахована «квазіаморфна», за словами автора, кристалічна структура тонких плівок Ru.

3. За результатами експериментальних досліджень особливостей структурно-фазового стану та дифузії в плівкових системах на основі Co і Ru переконливо показано, що після отримання зразків та після їх певної термічної обробки не відбувається змішування атомів в системі та зберігається цілісність окремих шарів. Це один із основних результатів розділу 4 на якому базуються дослідження властивостей приладових структур на основі цих металів у вигляді структур спін-вентильного типу у розділі 5. Але не дивлячись на таку значущість цього моменту в роботі немає

аналізу та фізичного тлумачення причин низької дифузійної активності між шарами Co і Ru, а є лише невпевнені узагальнення експериментальних даних.

4. Ясність інтерпретації отриманих експериментальних результатів псує відсутність пояснень щодо вибору матеріалів підкладок для одержання плівкових та приладових структур та подальшого дослідження їх властивостей. У Розділі 2 присутня лише згадка про те, що для різних видів досліджень використовувалися різні матеріали. Очевидний прикладний характер досліджень вимагає більшої уваги до методики отримання зразків, зокрема вибору та підготовки підкладок, визначення впливу цього вибору на фізичні властивості функціональних плівкових структур що досліджувалися.

5. В розділі 5 наводяться результати дослідження магнітних властивостей багат шарових функціональних структур на основі Co і Ru у тому числі з використанням мультишарів $[Ru/Co]_n$ або $[Cu/Co]_n$, що є самі по собі складними для отримання та дослідження наноструктурами. Інтерпретацію результатів значно спростили б винесені окремо результати магніторезистивних властивостей для цих мультишарів.

Однак слід зауважити, що деякі із зазначених зауважень носять дискусійний характер, а інші не стосуються одержаних наукових результатів, що не впливає на загальний високий рівень та позитивне враження від дисертаційної роботи.

Висновок щодо роботи

Дисертаційна робота Логвинова А.М. у межах сформульованих задач є завершеною науковою працею з коректними та надійними експериментальними і теоретичними результатами. Вона виконана з використанням сучасної приладової бази. Зміст автореферату та матеріали представлених наукових публікацій відображає роботу і відповідає обраній спеціальності. За актуальністю, об'ємом, практичною цінністю, новизною та науковим рівнем дисертаційна робота «Фізичні властивості плівкових приладових структур на основі Ru і Co» відповідає встановленим вимогам

щодо кандидатських дисертацій, зокрема, пунктам 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Логвинов Андрій Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Завідувач кафедри охорони праці
та фізики Сумського національного
аграрного університету, к. ф.-м. н., доцент

 Хурсенко С.М.

