

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Дружинина Александра Владимировича «Термическая стабильность многослойных структур на основе чередующихся наноразмерных слоев меди и вольфрама», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Александра Владимировича Дружинина посвящена исследованию термической стабильности многослойных (МС) наноразмерных структур, образованных металлическими бислоями с полной нерастворимостью компонент друг в друге. Исследование таких систем вызывает в последние годы значительный интерес в связи с их необычными магниторезистивными, оптическими и другими свойствами. Однако эти свойства утрачиваются при деградации далёкого от равновесия структурного состояния, содержащего большое число внутренних границ раздела. Поэтому исследование механизмов, определяющих термическую стабильность многослойных структур несомненно является важной и актуальной задачей.

В диссертационной работе исследованы структуры, состоящие из чередующихся наноразмерных слоев меди и вольфрама. Автором получен ряд новых интересных результатов, среди которых следует отметить:

1) Впервые полученное экспериментально значение величины силы, создаваемой межфазной границей раздела Cu(111)/W(110) и оказывающей сжимающее действие на слои МС структур. Вывод о том, что величина остаточных механических напряжений определяется толщинами слоев меди и вольфрама, а с ростом температуры отжига остаточные напряжения уменьшаются и достигают нулевого значения после отжига при температуре ~ 650 °С;

2) Наблюдение деградации слоистой микроструктуры и формирование микроструктуры нанокompозита с пустотами в его объеме после отжига при температурах 700–800 °С. Деградация многослойной структуры с двумя типами бислоев приводит к появлению нанокompозита с составной объемной микроструктурой, строение которой определяется соотношением толщин слоев меди и вольфрама в первоначальной многослойной структуре.

3) Наблюдение формирования медных кристаллитов, которые появляются на поверхности МС после отжига в зависимости от толщины слоев меди и вольфрама в бислоях, а также способа уложения бислоев в объеме МС. С началом деградации кристаллиты исчезают и атомы меди диффундируют обратно в объем МС;

2) *In situ* анализ кинетики диффузии методом Оже-электронной спектроскопии и температурная зависимость коэффициента зернограничной диффузии меди в вольфраме;

Основные результаты диссертационной работы были представлены в 7 статьях, опубликованных автором в ведущих зарубежных и отечественных

изданиях, а также неоднократно докладывались на 11 конференциях, что подтверждает их актуальность и научную значимость.

Автореферат полно передает содержание работы, а именно актуальность темы исследования, цели и задачи работы, основные результаты и выводы и позволяет заключить, что диссертационная работа Александра Владимировича Дружинина выполнена на высоком научном уровне.

В качестве небольшого замечания хотел бы отметить, что в выносимом на защиту положении 1 говорится о величине силы, создаваемой межфазной границей раздела, но не сообщается куда она приложена и направлена.

Сделанное замечание не умаляет достоинств работы. Считаю, что она соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, а ее автор А.В. Дружинин достоин присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий лабораторией цветных сплавов ФГБУН Института физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, главный научный сотрудник, д.ф.-м.н. по специальности 1.3.8 (01.04.07) – физика конденсированного состояния

Горностырев Юрий Николаевич

«15» ноября 2021 г.

620137, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, тел (343) 378-35-21, e-mail: yug@imp.uran.ru

Даю согласие на обработку персональных данных

Горностырев Юрий Николаевич

«15» ноября 2021 г.



Подпись Горностырева Ю.Н.
заверяю
Руководитель общего отдела
Григорьев В.С.
2021 г.