

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Дружинина Александра Владимировича посвящена изучению термической стабильности многослойных структур на основе чередующихся наноразмерных слоев меди и вольфрама. Тема диссертационной работы Дружинина А.В. является актуальной, поскольку многослойные структуры Cu/W обладают высокими механическими характеристиками и радиационной стойкостью, а детальное изучение особенностей процесса деградации их свойств необходимо для расширения области применения МС данной системы элементов.

В работе детально исследовано формирование многослойных структур Cu/W с различными толщинами слоев меди и вольфрама в бислоях и различными комбинациями этих бислоев в объеме МС. Исследована их микроструктура и величины остаточных механических напряжений в слоях после изготовления. Выполнен анализ эволюции структуры и остаточных напряжений при отжиге. Экспериментально установлено, что формирование нанокompозита сопровождается появлением пустот в его объеме. Впервые экспериментально определена температурная зависимость коэффициента зернограничной диффузии меди в вольфраме для многослойной структуры Cu/W.

В автореферате достаточно четко изложены главные положения диссертации и приведены основные результаты. По теме диссертации опубликовано 7 статей в авторитетных научных журналах. Результаты работы докладывались на российских и международных конференциях. В целом рецензируемая работа представляет собой важное научное исследование, обладающее существенной научной и практической ценностью.

Замечания.

1. Не совсем понятно, какое отношение к работе имеют статьи [4] и [7] из списка работ по теме диссертации:

[4] Страумал, Б.Б. Фазовые превращения в сплавах на основе Nd-Fe-B при кручении под высоким давлением при разных температурах / Б.Б. Страумал, А.А. Мазилкин, С.Г.

Протасова, А.Р. Кильмаметов, А.В. Дружинин, Б. Барецки // Письма в ЖЭТФ. — 2020. — № 112. — С. 45–53.

[7] Сметюхова, Т.Н. Особенности оже-спектров карбидов Ti<sub>2</sub>C, SiC и WC / Т.Н. Сметюхова, А.В. Дружинин, Д.А. Подгорный // Поверхность. рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. — 2017. — № 4. — С. 32–38.

2. Удивляет использованная автором размерность для величины силы, создаваемой межфазной границей раздела, на единицу длины – Дж/м<sup>2</sup>. Не сразу становится понятным, что это соответствует н/м.

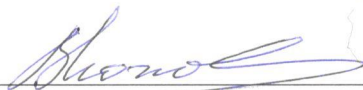
Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа Дружинина А.В. является законченной научно-исследовательской работой, соответствует паспорту специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» и полностью отвечает всем требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор - Дружинин Александр Владимирович - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния»

Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
Института физики металлов имени  
М.Н. Михеева Уральского отделения  
Российской академии наук (ИФМ УрО РАН)

*Б.В. Попов (Металловедение и термическая  
обработка металлов и сплавов)*

6 декабря 2021 г.



Попов Владимир Владимирович

Почтовый адрес: 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов  
имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН (ИФМ УрО РАН)  
+7 (343) 378-38-41 [vpopov@imp.uran.ru](mailto:vpopov@imp.uran.ru)



Подпись	<i>Попов В.В.</i>
завверяю	
Главный специалист общего отдела	<i>Кудряшова</i>
	М.Н.Кудряшова
« 06 »	12 20 21 г.