

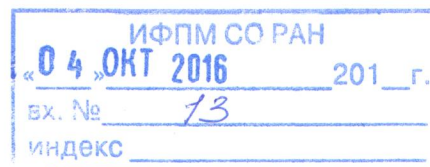
## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шугурова Артура Рубиновича «Влияние кривизны границы раздела пленка/подложка на закономерности деформации и разрушения тонких металлических пленок и керамических покрытий при внешних воздействиях», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния

Бурное развитие микроэлектроники и планарной технологии обеспечили большой интерес к изучению тонкопленочных материалов. Необходимость дальнейшего повышения надежности и долговечности многослойных структур требует развития понимания закономерностей физических процессов, лежащих в основе их деформации и разрушения. В связи с этим диссертационная работа А.Р. Шугурова, посвященная исследованию взаимосвязи кривизны границы раздела пленка/подложка и механизмов деформации и разрушения тонких пленок и покрытий, безусловно, является актуальной.

В работе А.Р. Шугурова использован комплекс современных экспериментальных методов исследования, включая сканирующую электронную и просвечивающую микроскопию, атомно-силовую микроскопию, рентгеноструктурный анализ, наноиндентирование и др. Автором получен ряд новых научных результатов, имеющих значение для физики конденсированного состояния. Выявлена корреляция между стадийным характером гофрирования тонких металлических и оксидных пленок на податливых подложках в процессе их отжига и характером изменения кривизны границы раздела пленка/подложка. Показано, что кривизна границы раздела пленка/подложка является одним из факторов, определяющих характер взаимной диффузии в системе пленка-подложка и места образования новых фаз. Рассмотрены закономерности деформации и разрушения тонких металлических пленок и керамических покрытий при одноосном растяжении и знакопеременном изгибе. Установлено, что неровности на границе раздела пленка/подложка, обладающие сильной положительной кривизной способствуют короблению и скалыванию пленок и покрытий под действием сжимающих напряжений даже в случае прочной границы раздела.

Практическая ценность работы обусловлена развитием физических представлений, лежащих в основе повышения прочности границы раздела между покрытием Al-Si-N и подложкой Cu путем предварительной бомбардировки последней низкоэнергетическими пучками ионов Zr. Полученные результаты и выработанные рекомендации могут быть использованы при разработке режимов ионной бомбардировки подложек из материалов различного состава и структуры.



В целом диссертационная работа Шугурова Артура Рубиновича представляет собой законченный научный труд, выполненный на высоком уровне. Полученные в работе результаты имеют несомненные научную новизну и практическую значимость и опубликованы в значительном числе статей в реферируемых российских и зарубежных научных журналах. Диссертационная работа отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Гл. научн. сотр. Института  
химии твердого тела  
Уральского отделения РАН,  
доктор физ.-мат. наук,

620099, Екатеринбург, Первомайская 91,  
тел. 8-343-362-33-87,  
zhukov@ihim.uran.ru

В.П. Жуков

Подпись д. ф.-м. н. Жукова В.П. заверяю  
Ученый секретарь Института  
химии твердого тела Уральского отделения  
РАН, д. х. н.



Денисова Т.А.