

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

Диссертация посвящена актуальному направлению физики конденсированного состояния – изучению свойств границы раздела между пленкой и подложкой, кривизна которой оказывает существенное влияние на характер напряженно-деформированного состояния тонких пленок. Граница раздела способствует перераспределению напряжений, а также зарождению и распространению трещин в системе покрытие-подложка. Развитие физических представлений о роли кривизны границы раздела в деформации и разрушении тонких пленок и покрытий является важным и интенсивно развиваемым направлением физической мезомеханики сред с границами раздела применительно к технологиям осаждения пленок на гибкие подложки для использования в производстве микро- и нанoeлектромеханических систем (сенсоров и актюаторов), гибких дисплеев, элементов солнечных батарей, оценки и повышения их надежности и долговечности. Таким образом, диссертационная работа Шугурова А.Р., безусловно, является актуальной.

В работе получен ряд новых важных результатов. Среди них следует отметить экспериментально установленные закономерности влияния кривизны границы раздела пленка/подложка на перераспределение легирующих элементов и фазовые превращения в системе пленка-подложка при повышенных температурах, свидетельствующие о том, что сегрегация Mg в процессе термического оксидирования алюминиево-магниевого сплава, а также образование силицидов в процессе отжига пленок Cu на подложке Si происходят в областях положительной локальной кривизны границы раздела пленка/подложка, где действуют нормальные к ней растягивающие напряжения. Научную и практическую ценность представляют обоснование повышения прочности границы раздела между покрытием Al-Si-N и подложкой Cu в результате предварительной бомбардировки последней ионами Zr, а также предложенный механизм деградации тонких металлических пленок при пропускании электрического тока высокой плотности, обусловленный неплоскостностью границы раздела пленка/подложка, и заключающийся в том, что растягивающие напряжения, развивающиеся в зонах локальной кривизны границы раздела, вызывают отслоение пленок и возникновение точек локального перегрева, приводя к разрушению тонкопленочных проводников.


В качестве замечания можно отметить, что в автореферате диссертации не обосновано, почему для исследования деградации тонких проводящих пленок при пропускании электрического тока высокой плотности были выбраны именно пленки Au и Ag. Возможно, большую практическую значимость имело бы

исследование пленок Si, которые имеют широкие перспективы использования для формирования металлических проводящих межсоединений в микроэлектронных устройствах.

Высказанное замечание не снижает общего положительного впечатления от работы. Диссертация Шугурова А.Р. является законченным научным исследованием, которое выполнено на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. По актуальности, новизне и значимости полученных результатов, достоверности и обоснованности сформулированных научных положений и выводов диссертационная работа Шугурова А.Р. удовлетворяет требованиям п. II.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Заведующий лабораторией физических основ прочности
ФГБУН Институт механики сплошных сред УРО РАН

д.ф.-м.н., профессор



Наймак Олег Борисович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики
сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1

Тел.: (3422) 37-84-61

E-mail: mvp@icmm.ru

