

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

Пленочные материалы играют очень важную роль в различных областях науки и техники. Они широко используются при создании устройств для преобразования солнечной энергии в электрическую, сверхпроводниковых приборов, микроэлектромеханических систем, защитных и светоотражающих покрытий для деталей и механизмов и т.п. Физико-механические свойства пленок существенно отличаются от свойств аналогичных объемных материалов. Прежде всего, это связано с их малой толщиной, а также наличием границы раздела между пленкой и подложкой, что накладывает ограничения на развитие в пленках пластической деформации и позволяет им выдерживать очень сильные внутренние напряжения. С другой стороны, огромное значение приобретает прочность границы раздела, поскольку отслоение пленочных материалов от подложки является одним из наиболее частых механизмов их разрушения. Учитывая вышесказанное, актуальность темы диссертационной работы Шугурова А.Р. не вызывает сомнений.

Автором диссертации исследованы основные закономерности деформации и разрушения тонких металлических пленок и керамических покрытий при различных внешних воздействиях, выполнен систематический анализ полученных результатов и определены наиболее важные факторы влияния кривизны границы раздела пленка-подложка на деградацию пленочных материалов. К наиболее значимым новым научным результатам, полученным в диссертационной работе, следует отнести следующие:

1. Установлено, что периодическое распределение напряжений, возникающих в процессе термического отжига вдоль волнистой границы раздела пленка-подложка, контролирует стадийность вязкоупругого гофрирования металлических и оксидных пленок на податливых подложках.
2. Предложена феноменологическая модель, связывающая квазипериодический характер распределения силицидов на поверхности пленок Cu, нанесенных на подложку Si с промежуточным барьерным

подслоем Cr, с распределением зон положительной локальной кривизны волнистой границы раздела пленка/подслоя.

3. Показано, что кривизна поверхности пленки, а также границы раздела пленка-подложка является движущей силой массопереноса, обуславливающего формирование канавок термического травления по границам зерен, предельным случаем которого является распад тонких пленок при повышенных температурах на отдельные островки.

При прочтении автореферата возникло несколько вопросов:

1. Является ли кривизна макропараметром? Если да, то как радиус кривизны соотносится с шероховатостью, которая является микропараметром?
2. Если радиус кривизны является микропараметром, то на каком базисе он определяется и как соотносится с шероховатостью?

Сделанные замечания относятся больше к уточнению исходных положений и стилю изложения и не влияют на общую высокую оценку проделанной работы. В целом диссертация Шугурова А.Р. по актуальности темы, новизне и практической значимости полученных результатов, достоверности и обоснованности сформулированных научных положений и выводов удовлетворяет 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 ему этой степени.

Главный научный сотрудник лаборатории химии летучих координационных и металлоорганических соединений

ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН

д.х.н., профессор

Игуменов Игорь Константинович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии имени А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 3

Тел.: (383) 333-05-54

E-mail: igumen@niic.nsc.ru

