

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Егорова Григория Петровича

«Механические напряжения в металлических пленках

при магнетронном осаждении»

на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Егорова Г.П. посвящена актуальной научно-технической задаче выявления физической природы внутренних механических напряжений в тонких пленках, возникающих в процессе их магнетронного осаждения. Большинство существующих экспериментальных методик по определению уровня механических напряжений в тонких пленках не является универсальным для различных методов осаждения и, как правило, не позволяют проводить измерения “in-situ” и определять критический уровень напряжений, приводящих к разрушению (отслоению).

Актуальность диссертационной работы заключается в необходимости экспериментального исследования кинетики и физической природы напряжений в металлических пленках, а также определении критического значения напряжений.

В работе решены следующие задачи:

1. Разработана экспериментальная установка по осаждению тонких пленок магнетронным методом при относительно низком вакууме (0,2-0,06 Па).

2. Разработаны методика и устройство, позволяющие проводить измерения напряжений в тонких пленках “in-situ” при магнетронном осаждении и определять уровень критических напряжений.

3. Экспериментально исследована кинетика формирования напряжений для систем Cu/Cu, Ti/Cu, Ta/Cu, Al/Cu, Ag/Cu, Cu/стекло, Ti/стекло, Ta/стекло, Al/стекло, Ag/стекло.

4. Верифицированы модельные представления о формировании напряжений в тонких пленках: на начальных стадиях в случае отсутствия химического взаимодействия атомов пленки и подложки – модель поверхностного натяжения пленка/подложка (островковая модель); при наличии химического взаимодействия – образование химического соединения; на стадиях формирования сплошной пленки – поверхностная несовместимость собственных деформаций по границам зерен.

5. Экспериментально определены критические значения напряжений и соответствующие им уровни деформаций при достижении которых наблюдалось отслаивание исследованных пленок.

6. Исследовано напряженное состояние системы «пленка-подложка» с целью установления роли напряжений в отслаивании пленок.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые экспериментально определены значения критических напряжений и деформаций, приводящих к отслаиванию пленок для случаев осаждения Al, Ti, Cu, Ta на медную подложку, а также для случая осаждения Ta на стеклянную подложку; впервые установлены закономерности формирования напряжений в пленках Ta, Al, Ag в процессе осаждения на медную подложку.

Следует отметить, что в качестве объектов исследования выбраны материалы, широко применяемые в тонкопленочных технологиях, в частности в микроэлектронике. Пленки Al, Cu, Ag широко применяются в качестве проводящих материалов, Ta, Ti – в качестве материалов барьерных слоев. Поэтому рекомендации по осаждению бездефектных пленок наиболее распространенным и эффективным методом магнетронного распыления представляют не только научную, но и практическую ценность.

Практическая значимость работы заключается также в методическом обеспечении определения критического уровня напряжений, приводящего к разрушению. Причем предложенная методика позволяет определять критический уровень напряжений и деформаций не только для магнетронного осаждения в вакууме, но и, как утверждает автор, для других методов получения тонкопленочных покрытий в вакууме. Установленные закономерности формирования напряжений в тонких пленках для двух выявленных стадий структурообразования расширяют также представления о возможности управления свойствами формируемых тонкопленочных структур.

По автореферату можно отметить следующие замечания:

1. По изложению автореферата отсутствуют сведения о том, проверялась ли автором достоверность полученных экспериментальных данных с помощью других известных методов (например, рентгеновскими методами).
2. На стр. 3 реферата в качестве практической значимости работы отмечается, что результаты исследования позволяют разработать рекомендации по формированию пленок, однако конкретные практические рекомендации в реферате четко не сформулированы.
3. Поскольку работа защищается на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, хотелось бы получить представление о математическом обосновании исследуемых физических процессов, разработанных автором математических моделях. Однако в материалах реферата приведена только одна модифицированная формула Стоуни, и оценить объем данной части работы, посвященной формализации и математическому описанию исследуемых процессов, достаточно сложно.

Сделанные замечания имеют рекомендательный характер и не существенно влияют на положительную в целом оценку диссертационной работы Егорова Г.П. Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, соответствует паспорту специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния». По актуальности темы, оригинальности постановки, полноте решения задач и полученным результатам диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Егоров Григорий Петрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Профессор института нано- и
микросистемной техники (НМСТ)
Национального исследовательского
университета «МИЭТ»,
доктор технических наук



Сырчин Владимир Кимович

Адрес: 124575, Москва, Зеленоград, кор. 1013, кв. 142

E-mail: syrchin-v@mail.ru

Телефон: 8(916) 9098909

13.12.2018

ВЕРНО
НАЧ. ОТД. КАДРОВ
С. В. ЗАБОЛОТНЫЙ

