

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Егорова Григория Петровича

«МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ ПРИ МАГНЕТРОННОМ ОСАЖДЕНИИ»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Представленная работа относится к области физики тонких пленок, которые нашли применение практически во всех областях современной науки и техники. Проблема определения механических напряжений в тонких пленках является актуальной научно-технической задачей, особенно для микроэлектроники и наноэлектроники. Напряжения, возникающие в процессе осаждения и эксплуатации (в том числе температурные) приводят к преждевременному выходу из строя изделий с металлическими покрытиями.

Диссертант выбрал в качестве объектов исследования пленки Al, Cu, Ag, Ta и Ti на медной, кварцевой и стеклянной подложках. Эти материалы широко применяются в микроэлектронике. Основной задачей работы была верификация существующих сегодня модельных представлений о возникновении напряжений в тонких металлических пленках в процессе их формирования в вакууме. В результате проведения экспериментальных исследований автор выявил для всех рассматриваемых гетеросистем основные механизмы образования напряжений. На ранних стадиях, когда пленка состоит из отдельных островков, наиболее вероятной, по мнению автора, является т.н. «капельная» модель. На этапе формирования сплошной пленки и последующего роста толщины – модель поверхностной несовместности собственных деформаций по границам зерен.

Наиболее интересными и значимыми результатами работы являются экспериментально установленные зависимости величины напряжений от толщины и скорости роста пленки. А также зависимость скорости роста удельных усилий (на стадии сплошной пленки) от размера зерна и подвижности адатомов. Полезной для практики является разработка устройства, позволяющего проводить измерения напряжений in-situ в процессе осаждения покрытий. Следует отметить универсальность прибора. Его применимость не ограничивается одним лишь магнетронным осаждением, оно может быть использовано практически для любого метода получения тонких пленок в вакууме.

Наряду с достоинствами работы отметим следующие замечания.

1. В автореферате указано, что разработана новая система магнетронного осаждения – АДС. Чем не устраивали имеющиеся? Написано, что АДС позволяет получать высокочистые покрытия. Это как-то проверялось экспериментально?

2. Плохо сформулированы положения, выносимые на защиту. Из них не ясно что защищается в данной работе.

Как показано в автореферате, автором опубликовано 13 работ по теме диссертации, которые включают 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и 5 статей в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.



Судя по автореферату, работа полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор Егоров Григорий Петрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

**Руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга
Инженерной школы ядерных технологий
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор физико-математических наук,
профессор В.П. Кривобоков**

В. Кривобоков
14.12.2018

634050, г. Томск, проспект Ленина, 2а
Тел.: +7 (3822) 60-64-18
e-mail: krivobokov@tpu.ru

**«Подпись проф. Кривобокова В. П. удостоверяю»
Ученый секретарь Учёного Совета ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский политехнический университет»**



О. А. Ананьева