

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Егорова Г.П.** на тему

«МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ ПРИ МАГНЕТРОННОМ ОСАЖДЕНИИ»

В представленном автореферате рассматриваются актуальные вопросы физики тонких пленок — экспериментальная количественная оценка механических макронапряжений в тонких пленках и выявление природы и закономерностей их изменения в процессе роста пленочных структур. В этом законченном научном исследовании сочетаются распространенный метод получения тонкопленочных структур и измерительный комплекс для *in-situ* исследования зависимости макронапряжений от режима формирования пленки. Разработанная методика позволяет исследовать закономерности возникновения и изменения макронапряжений в пленках не только непосредственно во время нанесения, но и после прекращения процесса, в условиях релаксации напряжений. Проведение такого исследования стало возможным благодаря детальному анализу существующих методов измерения механических напряжений в тонких пленках, а также рассмотрению существующих модельных представлений возникновения макронапряжений в тонких пленках.

Основная заслуга автора состоит в разработке методики и устройства, позволяющих проводить измерения макронапряжений в тонких пленках «*in-situ*» непосредственно во время их нанесения. Разработанное измерительное устройство отличается от традиционного емкостного датчика повышенной чувствительностью измерений (10 Гц/мкм), соизмеримой с чувствительностью оптических датчиков. К другим наиболее значимым научным результатам работы следует отнести результаты по верификации модельных представлений на различных стадиях формирования тонкопленочных покрытий. Автор показал высокую теоретическую и практическую подготовку по методам измерения внутренних макронапряжений в тонких пленках, что несомненно является большим достоинством представленной работы.

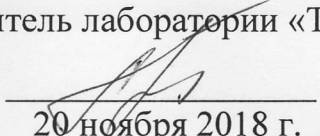
Практическая ценность работы вызывает сомнений, так как разработанная методика измерений может быть применена не только для магнетронного распыления, но и практически для любого другого метода получения тонких пленок в вакууме.

Наряду с достоинствами работы следует отметить следующие замечания:

1. В автореферате не представлены микрофотографии разрушения образцов Ti/Si, которые являются важным элементом доказательства предлагаемого автором механизма отслоения пленки.
2. Так же в автореферате не указано, делались ли экспериментальные замеры температуры мембраны, что принципиально важно для расчета упругих свойств пластины и возникающих напряжений в пленке.

Отмеченные недостатки не меняют общей положительной оценки работы, основные положения которой опубликованы в ведущих журналах России и за рубежом. 5 научных трудов опубликовано в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Результаты прошли достаточную апробацию на многочисленных конференциях, в том числе за рубежом.

Считаю, что представленная диссертация полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Егоров Григорий Петрович, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Доцент кафедры электронных приборов НГТУ,
Руководитель лаборатории «Тонкопленочной технологии»,
К.т.н.  А.Б. Беркин

20 ноября 2018 г.

Беркин Александр Борисович
К.т.н., ст.н.с., доцент Новосибирского государственного технического университета (НГТУ), кафедра электронных приборов
630073, г. Новосибирск, пр.К.Маркса 20, НГТУ
e-mail: berkin@epu.ref.nstu.ru
Phone: +7 (383) 346 06 19

Подпись Беркина Александра Борисовича заверяю

Начальник отдела кадров НГТУ



М.П.

О.К. Пустовалова