

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Т.Х. ДОАНА
«Формирование тонкопленочных слоев с высокой диэлектрической
проницаемостью на основе сложных оксидов металлов реактивным
магнетронным распылением», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 –
Технология и оборудование для производства полупроводников,
материалов и приборов электронной техники.

Научная и практическая значимость, представленная к защите работы, не вызывает сомнений.

Основная цель диссертационной работы состояла в разработке методов получения тонких пленок как однокомпонентных оксидов металлов на основе алюминия, титана, циркония, гафния и тантала, так и сложных (в основном двухкомпонентных) оксидов, типа $Ti_x Al_{(1-x)} O_y$ реактивным магнетронным распылением составных мишеней металлов в среде чистого аргона или в его смеси с кислородом. Ставилась задача разработать метод контроля и управления составом получаемых пленок и их применения в качестве диэлектрических слоев в интегральных схемах.

Т. Х. ДОАН один из немногих исследователей использовал реактивное магнетронное распыление как наиболее перспективный способ нанесения слоев сложных оксидов металлов.

Используя новейшую аппаратуру и современные методы исследования, а именно, сканирующую электронную микроскопию, энергодисперсионный и рентгенофлуоресцентный анализы, эмиссионную и романовскую спектроскопию, оптические спектры пропускания пленок, диссертант успешно справился с поставленной целью и задачами.

Обоснованы и установлены зависимости напряжения разряда магнетрона и скорости нанесения пленок при импульсном магнетронном распылении двухкомпонентных оксидов металлов от концентрации как чистого аргона, так и его смеси с кислородом. Показано, что происходит изменение концентрации металлов в пленке и профиль распределения скорости их нанесения. Этим изменениям автор приводит обоснованные объяснения. Теоретически анализированы закономерности изменения интенсивности контрольных линий оптического излучения атомов использованных металлов и определены их числовые значения. Разработана модель магнетронного распыления двухкомпонентной составной мишени, которая опробована экспериментально при распылении $Ti - Al$ мишеней как в среде чистого аргона, так и в его смеси с кислородом. Автор показал, что данная модель позволяет прогнозировать содержание алюминия и титана в пленках. Полученные результаты предложены для использования в отраслевой лаборатории новых технологий и материалов ОАО *ИНТЕГРАЛ*.

Важно отметить, что на основании результатов диссертационной работы автор разработал и предложил лекционный курс *Пучковые и плазменные

технологии* на кафедре электронной техники и технологии «Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники».

Судя по автореферату диссертационная работа Т.Х. ДОАНа содержит большой, интересный и значимый теоретический и экспериментальный материал по формированию тонкопленочных слоев на основе двухкомпонентных оксидов Al, Ti, Hf, Zr и Ta.

С уверенностью можно заключить, что диссертационная работа «Формирование тонкопленочных слоев с высокой диэлектрической проницаемостью на основе сложных оксидов металлов реактивным магнетронным распылением» соответствует требованиям представляемым ВАК Беларуси и кандидатским диссертациям и Т. Х. ДОАН, по праву заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

Заведующий лабораторией,
Институт прикладной физики,
Молдавский государственный университет,
академик, д.т.н.

М.К. Болога

09.10.2023

Я, Болога Мирча Кириллович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Т.Х. ДОАНА и оформлением аттестационных материалов.

М.К. Болога

Подпись академика, д.т.н. М.К. Болочи удостоверяю

Ученый секретарь,
Институт прикладной физики,
Молдавский государственный университет.



А.Ю. Мешалкин