

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Доан Тхе Хоанга** на тему
**«Формирование тонкопленочных слоев с высокой диэлектрической
проницаемостью на основе сложных оксидов 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

Диссертационная работа Доан Тхе Хоанга является научно-экспериментальным исследованием по разработке методов контролируемого формирования тонких пленок сложных оксидов реактивным магнетронным распылением составных мишеней, методов контроля и управления их составом, структурой, электрофизическими свойствами.

Актуальность данной работы связана с поиском новых диэлектрических материалов с высокой диэлектрической проницаемостью, низкими токами утечки, высокой стабильностью параметров и разработкой методов нанесения тонких пленок сложных оксидов.

Автором диссертационной работы экспериментально установлена закономерность высоковакуумного реактивного магнетронного распыления Ti-Al составной мишени при совместной и отдельной подаче газов в камеру, заключающаяся в том, что при отдельной газоподаче (Ag на мишень, O₂ на подложку) пленки формируются в переходном режиме работы системы, что увеличивает содержание кислорода в пленках сложного оксида титана-алюминия от 45 – 48 ат.% до 60 – 64 ат.% и обеспечивает рост скорости нанесения пленок от 0,02 – 0,04 нм/с до 0,05 – 0,15 нм/с, диэлектрической проницаемости от 7 – 13 до 17 – 23 и снижение диэлектрических потерь от 0,025 – 0,04 до 0,011 – 0,02 на частоте 1 кГц.

Доан Тхе Хоангом установлены и теоретически обоснованы закономерности изменения интенсивности контрольных линий оптического излучения возбужденных атомов металлов *AlI* (396,15 нм), *TiI* (395,82 нм), *ZrI* (338,23 нм) *HfI* (368,22 нм) *TaI* (481,27 нм) в плазме магнетронного разряда при распылении Ti-Al, Ta-Al, Hf-Zr, Ti-Zr составных мишеней. Показано, что имеется линейная зависимость между соотношением содержания металлов в пленке и соотношением интенсивности контрольных линий оптического излучения атомов этих металлов. Это позволяет эффективно использовать метод ОЭС для прогнозирования и контроля содержания металлов в пленках при реактивном магнетронном распылении составных мишеней.

Автором диссертационной работы разработана модель магнетронного нанесения пленок сложных оксидов при распылении двухкомпонентной составной мишени, учитывающая распределение плотности ионного тока на мишени, коэффициенты распыления и ионно-электронной эмиссии распыляемых металлов и их оксидов, и скорости химической реакции образования оксидов, которая позволяет прогнозировать содержание металлов в наносимых пленках с погрешностью до 5 % при распылении мишеней в среде

Ar, и с погрешностью до 10 % при изменении концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов от 0 до 100 %.

Представленная работа имеет несомненную практическую ценность, поскольку полученные теоретические и экспериментальные закономерности и методика нанесения пленок сложных оксидов импульсным реактивным магнетронным распылением составных мишеней использованы при нанесении термочувствительных структур на основе пленок легированного оксида ванадия.

Результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в печати. По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 13 печатных работ, в том числе 5 статей в научных журналах, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 8 статей в материалах научных конференций.

Считаю, что данная диссертационная работа соответствует всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям, а ее автор Доан Тхе Хоанг, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 — технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

Проректор по научной работе
УО «Гомельский государственный
технический университет имени П.О.Сухого»
доктор технических наук, профессор
03.10.2023

А.А.Бойко

Я, Бойко Андрей Андреевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Доан Тхе Хоанга.

03.10.2023

А.А.Бойко

Подпись	<i>Бойко Андрей Андреевич</i>
заверяю:	
инспектор (специалист) по кадрам отдела кадров УО «ГГТУ» имени П.О.Сухого	Отдел кадров
подпись	<i>Меренко А.М.</i>
	И.О. Фамилия
« »	20 г.