

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ШАШИНА Дмитрия Евгеньевича «Разработка технологии изготовления фотодиэлектрического чувствительного элемента ультрафиолетового излучения на основе оксида цинка», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.14 - технология приборостроения.

Изучение автореферата и публикаций в рецензируемых научных журналах подтверждает, что диссертация является научно-квалификационной работой. В полной мере соответствует требованиям, установленным действующим постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 "О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней".

Диссертацию Д.Е. Шашина можно признать научным трудом, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки. В частности, разработка технологии изготовления фотодиэлектрического чувствительного элемента ультрафиолетового диапазона на основе тонких пленок оксида цинка, посредством оптимизации технологических параметров реактивного магнетронного распыления.

Актуальность избранной темы обуславливается неослабевающим интересом исследователей к изучению новых способов получения тонких пленок широкозонных полупроводниковых материалов, чувствительных элементов ультрафиолетовых датчиков. Притом, представляет важный научный и практический интерес понимание процессов изготовления чувствительного фотодиэлектрического элемента ультрафиолетового излучения на основе тонких пленок оксида цинка.

Целесообразность исследований подтверждается обстоятельным критическим анализом реальной ситуации, сложившейся в последнее время при непрерывном совершенствовании процессов формирования нового типа чувствительных элементов ультрафиолетового излучения, в частности, на основе тонких пленок оксида цинка, с учетом требуемых их оптических характеристик.

Диссертация Д.Е. Шашина строго соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам, содержит совокупность новых результатов и научных положений, обоснованность и достоверность которых сомнений не вызывает.

К наиболее значимым относятся:

Оптимизация несбалансированной магнетронной распылительной системы дополнительной магнитной системой с обратной полярностью магнитов, обеспечивающей формирование фотодиэлектрических пленок оксида цинка с уменьшенным коэффициентом поглощения в видимом диапазоне и низкими значениями диэлектрической проницаемости 3,2-4,8. Математическая модель, отражающая зависимость диэлектрической



проницаемости от давления плазмообразующего газа и содержания кислорода в газовой смеси, позволяющая рассчитать диэлектрическую проницаемость пленок оксида цинка и определить влияние каждого фактора на диэлектрическую проницаемость без постановки экспериментов и реализации физических измерений. Выявление условий формирования тонких пленок оксида цинка, проявляющих фотодиэлектрические свойства достаточные для регистрации в них фотодиэлектрического эффекта в диапазоне длин волн от 190-390 нм.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается систематическим характером исследований, применением независимых экспериментальных методик, сопоставлением эксперимента и расчета, сравнением полученных результатов с уже признанными результатами других исследователей, созданием и модифицированием конструкции планарных магнетронов.

Значима практическая ценность работы. Предложенная методика позволяет изготавливать фоточувствительные приборы на основе ультрафиолетовых датчиков на фотодиэлектрическом эффекте. Результаты исследований использованы в ООО Научно-производственный центр «Поиск-Волгатех» и в учебном процессе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

Наряду с достаточным изложением научно обоснованных новых технических и технологических решений, в автореферате обнаруживаются следующие замечания:

- неубедительно выглядит утверждение (с. 11) «...увеличение степени ионизации осаждаемых частиц за счет увеличения магнитного поля у поверхности подложки, что препятствует образованию включений цинка в формирующемся пленке...». Во-первых, что означает «...увеличение степени ионизации осаждаемых частиц...», вероятно цинка и кислорода т.к. реализуемый процесс (с. 12) «...реактивное магнетронное распыление...» и реакция протекает на подложке. Во-вторых, требует пояснения, какова роль ионов цинка и ионов кислорода при синтезе на подложке оксида цинка стехиометрического состава. Хотя на (с. 18 п.4) отмечается «Разработана технология получения тонких пленок оксида цинка методом магнетронного распыления...». Требует пояснения, т.к. процессы выращивания тонких пленок реактивным магнетронным распылением и магнетронным распылением принципиально отличаются;

- на (с. 12) указано в качестве плазмообразующего газа «...использовали аргон и кислород...», неясно в каком долевом соотношении, кроме того на рисунке 2 ссылка на мишень отсутствует, в тексте не указан материал мишени.

Принимая во внимание достаточный научный уровень 15 печатных работ по теме диссертации, причем 1 статья индексирована на поисковой платформе Scopus, 3 статьи опубликовано в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, апробацию результатов диссертации на 11 научных конференциях.

Достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и выдвигаемых автором для публичной защиты, их достоверность и новизну. Предложенные автором новые принципиальные технические решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями и защищены 1 патентом на изобретение, 2 патентами на полезную модель, 1 свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ. Считаю, что ШАШИН Дмитрий Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук по специальности 01.04.04 - физическая электроника, профессор по специальности 01.04.04 - физическая электроника,  
Семенов Александр Петрович.  
670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6,  
телефон: 8(3012)433184,  
e-mail: semenov@ipms.bscnet.ru

А.П. Семенов

подпись А.П. Семенова заверяю,  
начальник организационного отдела

Е.А. Карпова

" 02 " марта 2020 г.