

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Амбарцумова Михаила Георгиевича** на тему «Влияние условий плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения на микроструктуру, состав и свойства пленок нитрида алюминия», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 22.12.2020 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 12.10.2020 г. (протокол № 22).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Научный руководитель – Тарала Виталий Алексеевич, кандидат химических наук (02.00.04 – Физическая химия), заведующий научно-лабораторным комплексом чистых зон физико-технического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 12.10.2020 г. (протокол № 22) в составе:

1. Блинков Игорь Викторович – д.т.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;

2. Бублик Владимир Тимофеевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС»;

3. Мурашев Виктор Николаевич – д.т.н., профессор кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС»;

4. Гудовских Александр Сергеевич – д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории возобновляемых источников энергии Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук»;

5. Чеботарев Сергей Николаевич – д.ф.-м.н., врио ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем машиноведения Российской академии наук» (г. Санкт-Петербург).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. На подложках кремния и сапфира при использовании источника емкостно-связанной плазмы методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения при

температурах менее 300 °С с использованием триметилалюминия и плазмообразующей смеси азота/водорода получены кристаллические пленки нитрида алюминия.

2. Показано, что в режиме самоограничения роста микроструктура пленок нитрида алюминия, получаемых методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения на подложках кремния и сапфира, зависит от длительности стадии плазменной экспозиции.

3. Установлено, что критическим условием получения кристаллических пленок нитрида алюминия методом PEALD является полное химическое превращение исходных реагентов в слои AlN в пределах каждого цикла процесса осаждения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. Установлены структурно-морфологические характеристики формирующихся плёнок нитрида алюминия в зависимости от условий осаждения.

2. Определены условия осаждения методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения «с-ориентированных» пленок нитрида алюминия на подложках сапфира.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. Оптимизированы режимы для осаждения методом PEALD кристаллических пленок нитрида алюминия регулируемой структуры и морфологии с максимальной скоростью на подложках кремния и сапфира с использованием в качестве исходных реагентов $Al(CH_3)_3$ и плазмообразующей смеси N_2/H_2 .

2. На основе результатов исследований, выполненных в ходе диссертационной работы, Амбарцумовым М. Г., сформулированы технологические режимы выращивания пленок нитрида алюминия методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения для пассивации покрытий р-і-п фаски силовых диодов для АО «Оптрон-Ставрополь». В условиях ООО НПФ «Экситон» оптимизированные режимы метода PEALD плёнок нитрида алюминия были использованы в изготовлении просветляющих покрытий сапфировых окон. В диссертации представлены соответствующие акты внедрений

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность результатов проведенных исследований подтверждается сопоставлением экспериментальных данных, полученных при использовании независимых методов исследования, и соответствием современных теоретических представлений экспериментальным результатам.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все экспериментальные образцы синтезированы и исследованы автором лично или при его непосредственном участии. Автором лично выполнена обработка полученных результатов, а также сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

Материалы диссертации Амбарцумова М.Г. опубликованы в 10 печатных работах. Из них 3 в изданиях, входящих в базы *Web of Science*, *Scopus*; 6 в изданиях, входящих в рекомендуемый список ВАК РФ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Амбарцумова М.Г. соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований установлены оптимальные условия и параметры синтеза кристаллических пленок нитрида алюминия стехиометрического состава на

подложках кремния и сапфира в режиме самоограниченного роста методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Амбарцумову Михаилу Георгиевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

И.В. Блинков

22.12.2020 г