

## О Т З Ы В

на автореферат на диссертационную работу Азрета Оюсовича Султанова  
«Закономерности роста эпитаксиальных пленок  $\beta$ -SiC на кремнии с нанопористым  
буферным слоем и исследование их физических свойств», представленную на соискание  
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 –  
физика полупроводников.

В настоящее время достаточно активно проводятся исследования, направленные на оптимизацию процессов получения пленок карбида кремния на подложках монокристаллического кремния, поскольку такая технология позволяет получить преимущества широкозонных приборов на относительно недорогой подложке кремния. Кристаллическая структура карбида кремния кубического политапа (3C-SiC) наиболее близка к кремнию по сравнению с другими политапами SiC, что позволяет существенно снизить плотность прорастающих дислокаций в активном слое приборных структур. За счет различных технологических приемов с использованием буферных слоев возможно снизить это значение до  $10^9 \text{ см}^{-2}$  и менее, что вполне приемлемо для создания приборов на основе таких гетероструктур. Поэтому работа Суланова А.О. является актуальной и представляет промышленный интерес для силовой электроники.

Научная новизна работы заключается в изучении кинетики карбидизации мезопористого кремния из газовой фазы и в составлении модели, учитывающей процессы кнудсеновской диффузии, коагуляции и зарастания пор при формировании слоя 3C-SiC. Практическая значимость работы заключается в получении тонких пленок 3C-SiC с высокой степенью структурно-фазовой однородности, которые могут быть использованы в качестве темплейтов для последующего получения приборных структур. Результаты диссертации были апробированы на всероссийских и международных научных конференциях и семинарах.

К наиболее важным результатам следует отнести следующее:

- описание карбидизации мезопористого кремния, на основе диффузионных моделей Дила-Гроува и Кнудсена;
- модель релаксации напряжений несоответствия в гетероструктуре 3C-SiC/Si.

Автором использовалась современная измерительная аппаратура: растровый электронный микроскоп, атомно-силовой микроскоп, ИК-Фурье спектрометр, рамановский спектрометр и рентгеновский дифрактометр.

Материалы, представленные в автореферате, опубликованы в 10-ти журналах, в том числе 3 в изданиях, входящих в базы Web of Science, Scopus.

По результатам анализа автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Не приведено обоснование выбора подложек кремния с ориентацией (100) на этапах исследования процессов карбидизации и релаксации механических напряжений.
2. Не полностью приведены методики измерения остаточных напряжений в таблице 3.

Указанные замечания не снижают общий высокий научный уровень работы. Диссертационная работа А.О. Султанова «Закономерности роста эпитаксиальных пленок  $\beta$ -SiC на кремнии с нанопористым буферным слоем и исследование их физических свойств» представляет собой научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Агеев Олег Алексеевич

06.11.2019  
(дата)

(подпись)

доктор технических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН  
05.27.01. Твердотельная электроника,  
радиоэлектронные компоненты, микро- и  
нано-электроника, приборы на квантовых  
эффектах

Почтовый адрес: 347922, Российская Федерация, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2

Телефон: +7 (8634) 37-16-11

e-mail: [ageev@sfedu.ru](mailto:ageev@sfedu.ru)

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Профессор Института нанотехнологий, электроники и приборостроения

Солодовник Максим Сергеевич

06.11.2019  
(дата)

(подпись)

кандидат технических наук  
05.27.01. Твердотельная электроника,  
радиоэлектронные компоненты, микро- и  
нано-электроника, приборы на квантовых  
эффектах

Почтовый адрес: 347922, Российская Федерация, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2

Телефон: +7 (8634) 37-16-11

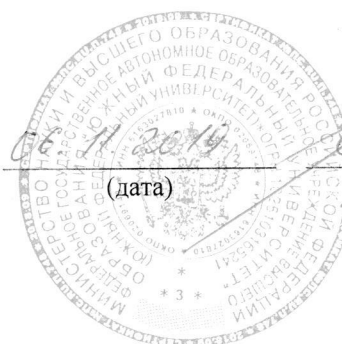
e-mail: [solodovnikms@sfedu.ru](mailto:solodovnikms@sfedu.ru)

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Профессор Института нанотехнологий, электроники и приборостроения

Подписи Агеева О.А. и Солодовника М.С.  
удостоверяю

**Федотов Александр Александрович,**  
кандидат технических наук, доцент,  
директор Института нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
ФГАОУ ВО «Южный федеральный  
университет»



(дата)

(подпись)