

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Федина Ивана Владимировича «Мощные быстродействующие диоды на основе гетероэпитаксиальных структур нитрида галлия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника»

Развитие силовой электроники и, в частности, ее элементной базы всегда было и в настоящее время остается одним из важных направлений развития электроники в целом. В настоящее время прогресс в разработке элементной базы силовой электроники связан с использованием широкозонных полупроводниковых материалов, среди которых одним из самых перспективных является нитрид галлия и твердые растворы на его основе. Создание силовых полупроводниковых приборов на нитриде галлия сталкивается с рядом физико-технологических задач, решение которых позволит улучшить их электрические и теплофизические характеристики. В этом плане диссертационная работа Федина И.В., посвященная разработке технологии создания и исследованию характеристик диодов Шоттки на основе гетероструктур  $p\text{-GaN/AlGaN/GaN}$ , сформированных на подложке из монокристаллического кремния, является весьма актуальной и отвечает потребностям современной силовой электроники в перспективных приборах.

В работе Федина И.В. выполнен обзор литературных данных и рассмотрено состояние разработок по омическим и барьерным контактам к  $\text{AlGaN/GaN}$ . Представлена информация о методах изготовления мощных  $\text{AlGaN/GaN}$  диодов на базе гетероструктур  $p\text{-GaN/AlGaN/GaN}$  и методах исследования омических контактов к  $\text{AlGaN/GaN}$  и характеристик мощных  $\text{AlGaN/GaN}$  диодов. Проведено исследование и обсуждение полученных экспериментальных результатов по исследованию низкотемпературных  $\text{Ta/Al}$  омических контактов и барьерных контактов к  $\text{AlGaN/GaN}$ . Для барьерных контактов также исследовано влияние регресса анодной области под контактом на характеристики диодов.

Автором получены следующие основные научные результаты:

- 1) установлено влияние конструкторско-технологических факторов на характеристики низкотемпературных  $\text{Ta/Al}$  омических контактов и барьерных контактов к  $\text{AlGaN/GaN}$ ;
- 2) выявлено влияние регресса анода под контактом на характеристики диодов Шоттки на основе гетероструктур  $p\text{-GaN/AlGaN/GaN}$ .

Практическая значимость работы связана с разработкой и обоснованием технологии создания мощных  $\text{AlGaN/GaN}$  диодов Шоттки на основе гетероструктур  $p\text{-GaN/AlGaN/GaN}$ . Данная технология дает возможность сочетать в одной монокристаллической интегральной схеме мощные диоды и  $\text{H}_3$  транзисторы. Использование такой электронно-компонентной базы в мощной электронной аппаратуре позволит уменьшить ее массо-габаритные показатели и увеличить надежность.

Важным частным практическим результатом работы, который может быть выделен из общей технологии создания мощных  $\text{AlGaN/GaN}$  диодов, является также технология создания  $\text{Ta/Al}$  омических контактов к  $\text{AlGaN/GaN}$ . Данная технология может быть использована при изготовлении других приборов и

структур на основе GaN и твердого раствора AlGaN.

Замечания по автореферату:

1. Не представлены данные по режимам напыления омических контактов Ta/Al.

2. Отсутствуют данные об атмосфере, в которой происходил отжиг контактов Ta/Al. Также не ясно, из каких соображений выбиралось время отжига, равное 1 минуте?

3. Из автореферата не ясно, почему в качестве характеристики контактов выбрано контактное сопротивление, размерность которого Ом·мм, а не удельное контактное сопротивление (Ом·мм<sup>2</sup>)?

В целом, судя по автореферату, диссертация Федина Ивана Владимировича «Мощные быстродействующие диоды на основе гетероэпитаксиальных структур нитрида галлия» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Федин Иван Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 «Физическая электроника».

Доктор технических наук,  
доцент, декан радиотехнического  
факультета Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Омский государственный  
технический университет»

Козлов Александр Геннадьевич

644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11,  
раб. тел. +7(3812) 65-20-93,  
e-mail: agk252@mail.ru

Подпись Козлова А.Г. удостоверено  
Ученый секретарь Омского государственного  
технического университета



А.Ф. Немцова