

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Федина Ивана Владимировича «Мощные быстродействующие диоды на основе гетероэпитаксиальных структур нитрида галлия», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – Физическая электроника.

В диссертационной работе проведено исследование возможности разработки технологии создания мощных быстродействующих диодов Шоттки на основе гетероэпитаксиальных структур $p\text{GaN}/\text{AlGaN}/\text{GaN}$, выращенных на кремниевых подложках.

Актуальность данной работы связана с необходимостью создания перспективных приборов на основе широкозонных полупроводников, в частности, на основе нитрида галлия для силовой электроники.

В работе проведен аналитический обзор по созданию диодов на основе GaN и гетеро-эпитаксиальных структур на его основе.

Проведены экспериментальные работы по разработке технологии диодов Шоттки на основе гетероэпитаксиальных структур нитрида галлия и измерению их электрофизических параметров.

Практическая значимость заключается в том, что представлен значительный объём результатов экспериментальных исследований влияния вида барьерообразующего металла и технологических особенностей формирования диодов Шоттки на параметры этих диодов и на основании этого разработана технология получения AlGaN/GaN диодов Шоттки совместимая с технологией создания $p\text{GaN}/\text{AlGaN}/\text{GaN}$ нормально-закрытых транзисторов и позволяющая объединить эти два активных элемента в одной интегральной схеме, что дает возможность в итоге снизить себестоимость и

массогабаритные показатели конечной продукции. Результаты работы апробированы на международных и всероссийских конференциях, так же автором получен патент РФ на изобретение и акт внедрения на предприятии микроэлектронной промышленности АО «НПФ «Микран».

Достоверность результатов. Автор выполнил апробацию результатов работы, полученных с использованием современного технологического и измерительного оборудования НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУР и АО «НПФ «Микран», на 17 международных и 1 всероссийской научно-практической конференции, кроме того опубликовал в 5 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, что говорит о серьезной проверке публикуемых результатов на достоверность.

В качестве важных положительных особенностей диссертации можно отметить следующее:

а) проведена обширная работа по исследованию влияния материала барьера Шоттки (Ni, Pt, Pd, Ti, Ta, WSi, Mo, Hf) на характеристики AlGaIn/GaN диодов.

б) в результате работы получены корпусированные диоды Шоттки, весь цикл производства которых (за исключением полупроводниковой пластины) осуществлён на промышленных мощностях отечественного предприятия;

в) предложенный вариант технологического маршрута изготовления диодов Шоттки может быть выполнен по технологии, полностью исключающей использование драгметаллов.

Однако, не смотря на имеющиеся достоинства работы, необходимо отметить отдельные недостатки, которые серьёзно не влияют на представленные выводы и результаты:

1. Неточность формулировок и терминов. В частности, невыпрямляющие переходы в работе часто обозначены как «омические» (это технический жаргон).

2. Не достаточно точно сформулирована новизна по возможности получения невыпрямляющих переходов на основе Ta/Al. В настоящее время опубликованы результаты исследования диодов Шоттки на основе металлизации Ta/Al/Ta, поэтому новизна контактов Ta/Al выглядит неубедительной.

3. Выглядит неубедительным объяснение результата увеличения прямого и обратного тока при уменьшении толщины рабочего слоя AlGaIn за счет изменения высоты барьера Шоттки.

4. Недостаточный объём иллюстративного материала, поясняющего зонные диаграммы, конструкцию исследуемых структур и схемы измерений, в частности, схемы подачи напряжений.

5. Смешение, использование разных названий (часто, из других областей) для обозначения некоторых параметров. Например, наряду с общепринятым для диодов Шоттки параметром «прямое смещение» используется параметр «напряжение открывания» или вместо термина «обратный ток» в работе используется термин «ток утечки». Не всегда понятно, автор это относит к одним и тем же параметрам или эти параметры имеют разный смысл.

Не смотря на отмеченные замечания работа обладает актуальностью, новизной и практической значимостью, результаты работы апробированы и опубликованы. Считаю, что диссертационная работа «Мощные быстродействующие диоды на основе гетероэпитаксиальных структур нитрида галлия» полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её

автор Федин Иван Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Официальный оппонент, начальник лаборатории 4 отдела АО «НИИПП», кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников и диэлектриков», Малаховский Олег Юрьевич.

Томск, Красноармейская 99а.

Телефон: 555-089,

e-mail: malakhovskiy_oy@niipp.ru

О.Ю. Малаховский

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

О.Ю. Малаховский

Подпись О.Ю. Малаховского заверяю

начальник отдела кадров



М.В.Курсенко