

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Королева Сергея Александровича
«Микроволновая микроскопия полупроводниковых структур»,
представленной на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук**

по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

В связи с бурным развитием микроэлектроники, применением новых типов полупроводниковых материалов возникает большой интерес к анализу электрофизических параметров подложек и многослойных эпитаксиальных структур материалов группы A_3B_5 , таких как арсенид галлия, нитрид галлия, фосфид индия и других.

Основные электрические параметры разрабатываемых нашей промышленностью изделий в монолитно интегральном исполнении, таких как маломощные усилители, усилители мощности, умножители и делители частоты, управляющие устройства и других изделий, в значительной степени определяются качеством примененных подложек и параметрами эпитаксиальных слоев. В связи с этим разработка инструментов и методов анализа «тонкой структуры» полупроводниковых материалов является чрезвычайно актуальной задачей.

Ближнепольный микроволновый микроскоп является перспективным инструментом диагностики широкого спектра материалов, включая полупроводниковые структуры. Использование ближнего поля антенны позволяет достигнуть субволнового разрешения в отличие от стандартных волновых методов.

При этом развитие данного метода сопряжено со значительными трудностями. Одна из них заключается в существенной зависимости ближнего поля зонда от свойств исследуемого образца. В некоторых экзотических случаях, когда, например, образец содержит одномерный проводящий канал в виде петли, поле зонда будет локализовано на масштабе размера данной петли, а не на масштабе размера антенны. Таким образом, данный метод требует наличия предварительной априорной информации об исследуемом объекте, на основании которой можно сделать заключение о применимости данного метода. На мой взгляд, в работе соискателя уделено недостаточное внимание вопросу границ применимости разработанного метода диагностики.

С первой трудностью связана вторая, заключающаяся в зависимости эффективных параметров зонда от свойств исследуемого образца. Данная проблема решается путём введения сложной процедуры калибровки, делающей предложенный метод «тяжёлым» для практических применений. Возможно, данную проблему удастся устранить путём автоматизации процесса измерений, что представляет собой отдельную работу, выходящую за рамки данной диссертации.

Несмотря на значительный объем задач, рассмотренных в диссертации, анализ автореферата вызывает некоторые вопросы:

- недостаточно четко определены частотные границы применимости предложенного метода. Результаты экспериментального исследования приборов короткомиллиметрового диапазона на основе многослойных диодных и транзисторных эпитаксиальных структур, свидетельствуют о наличии специфических дефектов, проявляющихся в диапазоне выше 70ГГц.

Возможно ли проведение данными методами анализа эпитаксиальных структур в диапазоне 70-150 ГГц?

- существуют ли ограничения по толщинам и типам эпитаксиальных структур?

Вместе с тем, несмотря на ряд оставшихся нерешённых вопросов, в работе соискателя сделано существенное продвижение на пути создания метода количественной диагностики с помощью микроволнового микроскопа. Проведено большое количество экспериментов, подтверждающих работоспособность развитого метода. Важные результаты, полученные в исследованиях полупроводникового алмаза, подтверждают практическую значимость данной работы.

В целом, содержание автореферата свидетельствует о том, что диссертационная работа С. А. Королева является законченным научным исследованием с элементами новизны, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Михаил Анатольевич Кревский,
кандидат физико-математических наук,
начальник отдела НПП «Салют»,
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ларина, д. 7
тел.: +7 (831) 275-97-31
e-mail: elmnn@elmnn.ru

*Подпись Кревского Михаила Анатольевича
заверено.*

*Начальник отдела по работе с персоналом
Лашин А. В. Манасова*

08.10.2018г.

