

*Иск № 145-160  
10.09.2014 г.*

**Московский государственный  
технический университет  
им Н.Э. Баумана  
диссертационный совет  
Д.212.141.18  
Москва, 105005, 2 –я Бауманская ул., 5**

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации **Макеева Мстислава Олеговича**  
«Разработка конструкторско-технологических методов и средств повышения  
надёжности смесителей радиосигналов на основе резонансно-туннельных  
диодов», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальностям 05.11.14 – «Технология  
приборостроения» и 05.27.06 – «Технология и оборудование для  
производства полупроводников, материалов и приборов электронной  
техники»

В современной радиоэлектронной аппаратуре миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн улучшение эксплуатационных параметров и расширение функциональных возможностей может быть достигнуто путем использования элементной базы, функционирующей на основе квантоворазмерных эффектов, в частности, резонансно-туннельных диодов (РТД). Особенно актуальна такая задача для смесителей радиосигналов, которые устанавливаются сразу после приемной антенны и, следовательно, влияют на характеристики приемника в целом. Применение такой элементной базы позволяет уменьшить нелинейные искажения

сигналов, увеличить рабочие частоты, расширить динамический диапазон приемника. При этом вопрос влияния деградационных процессов на характеристики смесителей радиосигналов на основе резонансно-туннельного диода на базе многослойных гетероструктур мало изучен.

Для освоения новых изделий в производстве предприятия радиоэлектронной промышленности должны осуществить соответствующую подготовку конструкторской и технологической базы. Такая подготовка требует больших материальных и временных затрат, высокой квалификации специалистов. Поэтому задачи обеспечения корректности конструкторско-технологических решений устройств на новом типе полупроводниковых приборов и предварительная оценка их надежности являются особенно актуальными.

Автором разработана математическая модель деградации РТД, включающая как модель деградации полупроводниковой гетероструктуры, так и модель деградации омических контактов. Установлена причинно-следственная связь механизма деградации с конкретными рабочими параметрами устройства: потерями преобразования и динамическим диапазоном смесителя. Предложенная методика прогнозирования надежности позволяет по выбранным критериям отказа устройства определять конструкторско-технологические характеристики гетероструктуры и омических контактов с целью обеспечения требуемой надежности.

Таким образом, разработчику смесителя на РТД и технологу предложен подход (с использованием разработанного автором программно-расчетного комплекса dif2RTD) к проектированию смесителя радиоприемника с заданным уровнем надежности путем выбора параметров гетероструктуры и омических контактов диода.

Особенно стоит отметить то, что разработанная технологическая операция селекции смесительных AlAs/GaAs РТД с использованием метода

ускоренного старения полупроводниковых устройств позволяет предварительно проводить отбор устройств для РЭС посредством оценки индивидуальной надежности каждого изделия.

Определенным недостатком диссертационного исследования явилось то, что в качестве критерия отказов не рассмотрен уровень шума смесителя, поскольку он определяет чувствительность супергетеродинных приемников без входного малошумящего усилителя. Было бы нелишним исследовать конструкции смесителей с фазовым подавлением зеркального канала, которые в силу особенностей схемного построения обладают существенно лучшими характеристиками, чем балансные смесители.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. В целом работа удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор Макеев М.О. заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальностям 05.11.14 – «Технология приборостроения» и 05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

Заместитель генерального директора  
открытого акционерного общества «Светлана»  
по научно-техническому развитию, к.т.н.

Адрес: 194156, Санкт-Петербург,  
пр. Энгельса, д. 27

Тел.: 8 (812) 777-64-08

email: [klevtsov@svetlanajsc.ru](mailto:klevtsov@svetlanajsc.ru)



 Клевцов В.А.