

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Коломина Виталия Михайловича на тему:
**«Высокодобротные резонаторы в системе оксидов Ва-Mg-Ta для
твердотельных автогенераторов и фильтров СВЧ»**, представленной на
соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.2.
– «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых
устройств».

Использование в СВЧ-микроэлектронике резонансных явлений в диэлектриках с относительно большой диэлектрической проницаемостью способствует созданию высокоэффективных частотно-избирательных устройств с диэлектрическими резонаторами, применение которых существенно снижает массо-габаритные показатели и улучшает характеристик аппаратуры. Диэлектрические резонаторы используют в качестве колебательных систем различных функциональных устройств в частотных фильтрах, твердотельных генераторах, переключающих устройствах, а также в качестве частотно-избирательных излучающих элементов антенн.

Дальнейший прогресс в создании устройств на ДР связан с увеличением добротности. Активно развивается направление создания ДР с добротностью не менее 20 000 на частоте $F \sim 10$ ГГц из материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta (БМТ) с диэлектрической проницаемостью $\epsilon \sim 24$, что подтверждается многочисленными публикациями в зарубежных журналах. Диэлектрические резонаторы с высокой добротностью обладают способностью накапливать энергию более эффективно, что связано с их способностью минимизировать потери энергии при колебаниях. Высокая добротность означает, что ДР может поддерживать колебания на более длительное время, что делает его особенно ценным в такой области как радиоэлектронная аппаратура СВЧ диапазона.

В процессе разработки отечественной твердотельной техники, функционирующей в СВЧ диапазоне, включая генераторы и фильтры, возникает потребность в использовании отечественных диэлектрических резонаторов с высокой добротностью. ДР резонаторы с высокой добротностью изготовлены на основе материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta. Использование ДР на основе материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta в твердотельной технике СВЧ-диапазона позволит отечественным разработчикам создавать более эффективные и надёжные устройства. Высокая добротность ДР способствует снижению потерь сигнала и повышению стабильности работы устройств, что особенно важно для генераторов и фильтров. Разработка и производство отечественных ДР на основе системы оксидов Ва-Mg-Ta также будет способствовать укреплению технологического суверенитета страны в области элементной компонентой базы, что позволит снизить зависимость от импортных компонентов и создать условия для развития отечественной радиоэлектронной промышленности.

Диссертационная работа Коломина В.М. посвящена вопросам исследования и создания диэлектрических резонаторов с высокой

добротностью до 20000 из материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta и возможности их использования на частотах до 40 ГГц для улучшения электрических характеристик изделий электронной техники, а также разработка метода измерения температурного коэффициента частоты ДР. В результате проведенных работ получен ряд новых научных результатов:

- автор предложил использовать модификатор Ni_2O_3 в материале в системе оксидов Ва-Mg-Ta для создания отечественных диэлектрических резонаторов с добротностью не менее 20 000;

- для достижения частот ДР до 40 ГГц соискателем решена проблема механической обработки заготовки ДР до значений диаметра 1,1 мм и последующей резки алмазным диском на миниатюрные дисковые ДР высотой от 0,5 до 2 мм;

- соискатель предложил метод группового нагрева диэлектрических резонаторов, который является важным этапом для организации массового производства. Метод направлен на повышение производительности при измерении температурного коэффициента частоты ДР. Для обеспечения точности измерений в измерительную камеру устанавливаются центрующие элементы, которые позволяют разместить диэлектрический резонатор точно в центре. Применение метода группового нагрева и измерения ДР даёт возможность увеличить производительность при определении ТКЧ в 6,5 раз по сравнению с традиционными подходами.

Достоверность научных результатов заключается в следующем:

Степень достоверности научных результатов подтверждается применением современных способов измерений характеристик ДР, большим объемом полученных экспериментальных данных с использованием современного технологического и измерительного оборудования.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Практически показано, что добротность созданных ДР на основе материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta улучшает характеристики твердотельных СВЧ автогенераторов и фильтров. Установлено, что благодаря большей добротности ДР из материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta потери твердотельного СВЧ фильтра уменьшились на 2,5 дБ в сравнении с ранее используемыми ДР. ДР из материала в системе оксидов Ва-Mg-Ta обеспечили уменьшение спектральной плотности мощности фазовых шумов на 9 дБн/Гц в твердотельном СВЧ генераторе при отстройке от несущей частоты до 10 кГц в сравнении с ранее используемыми ДР

Апробация работы

Основные результаты проведенных исследований опубликованы в 8 статьях в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, получены 2 патента РФ на изобретение, сделано 18 докладов на научно-технических конференциях с публикациями статей в материалах конференций и опубликовано одно учебное пособие.

К числу недостатков работы следует отнести то, что полученные соискателем результаты разработки технологического процесса формования

