

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Коломина Виталия Михайловича на тему:
«Высокодобротные резонаторы в системе оксидов Ba-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 наноэлектроники, 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 характеристики 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 Ba-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 Ba-Mg-Ta. Использование ДР на основе материала в системе оксидов Ba-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 Ba-Mg-Ta также будет способствовать укреплению технологического суверенитета страны в области элементной компонентной 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 Ba-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 Ba-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 Ba-Mg-Ta улучшает характеристики твердотельных СВЧ автогенераторов и фильтров. Установлено, что благодаря большей добротности ДР из материала в системе оксидов Ba-Mg-Ta потери твердотельного СВЧ фильтра уменьшились на 2,5 дБ в сравнении с ранее используемыми ДР. ДР из материала в системе оксидов Ba-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 проведённых 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

заготовки ДР в форме цилиндрического стержня и его последующей механической обработки не защищены патентом. Имеющийся недостаток не снижает научной значимости диссертации.

Диссертация Коломина В.М. является законченной научно-квалификационной работой. Все результаты, представленные в диссертационном исследовании, получены либо автором лично, либо при его непосредственном участии.

Считаю, что по объему выполненных исследований, новизне и значимости полученных результатов, обоснованности выводов представленная диссертационная работа Коломина В.М. «Высокодобротные резонаторы в системе оксидов Ba-Mg-Ta для твердотельных автогенераторов и фильтров СВЧ» является удовлетворяет требованиям «Положении о присуждении ученых степеней» (Утверждено постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.2. –«Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств».

Кутузов Михаил Кириллович

«24» апреля 2025 года

Кандидат физико-математических наук, заместитель генерального директора, ООО «ЭЛМА-ПАСТЫ», г. Зеленоград.

Подпись Кутузова М.К. заверяю.

Генеральный директор ООО «ЭЛМА-ПАСТЫ»



Матвеев Игорь Викторович

Контактная информация:

Почтовый адрес: 124498, г. Зеленоград, проезд №4922, дом 2, стр. 10.

Телефон: +7 (499) 731-17-55.

E-mail: e-p.mkk@mail.ru

Я, Кутузов Михаил Кириллович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе Михаил Кутузов