

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Зуева Андрея Сергеевича «Исследование методов управления частотными характеристиками гиротронов» по специальности 1.3.4 – радиофизика

В диссертационной работе Зуева Андрея Сергеевича проведено исследование методов управления частотными характеристиками гиротронных комплексов: анализе перспективности и разработки ряда гироприборов с дискретной и плавной перестройкой частоты; исследовании перспективных методов селекции и повышения эффективности гиротронов терагерцового диапазона.

Разработаны новые решения, способные обеспечить эффективную генерацию микроволнового излучения миллиметрового диапазона длин волн при увеличении ускоряющего напряжения и тока электронного пучка. Проведено экспериментальное исследование гиротронов миллиметрового диапазон длин волн, созданных на основе разработанных подходов.

### ***1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите***

Содержание диссертационной работы соответствует отрасли наук и специальности 1.3.4 «Радиофизика» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: Разработка физических основ генерации, усиления и преобразования колебаний и волн различной природы (электромагнитных, акустических, плазменных, механических), а также автоволн в неравновесных химических и биологических системах. Поиски путей создания высокоэффективных источников когерентного излучения миллиметрового, субмиллиметрового и оптического диапазонов, техническое освоение новых диапазонов частот и мощностей.

### ***2 Актуальность темы диссертации***

В настоящее время, в связи с потребностями целого ряда приложений, усилился интерес к разработке субтерагерцовых и терагерцовых источников непрерывного электромагнитного излучения с уровнем мощности от десятка ватт до сотен киловатт. Одним из перспективных источников с требуемыми характеристиками являются приборы высокочастотной вакуумной электроники больших мощностей — гиротроны.

### ***3 Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту***

Степень новизны научных результатов, полученных в диссертации, определяется следующим: показано, что в мощных субтерагерцовых гиротронах, работающих на основном циклотронном резонансе возможна широкополосная дискретная перестройка частоты более чем на одну октаву (0,1-0,26 ТГц) при сохранении эффективности на уровне оптимизированных одночастотных гиротронов; применение селективного отражателя в гиротронах позволило реализовать одномодовый режим генерации на высоких циклотронных гармониках в условиях конкуренции с модой на основном циклотронном резонансе; использование многоствольных гиротронов дает

возможность реализовать одновременную многочастотную генерацию излучения на различных циклотронных гармониках.

#### **4 Научная и практическая значимость результатов диссертации**

В работе подробно описана методика разработки частотно-перестраиваемых субтерагерцовых гиротронов с разным уровнем мощности выходного излучения. Указаны основные принципы реализации ступенчатой перестройки частоты в гиротронах. Выполнена экспериментальная верификация метода ступенчатой перестройки частоты на базе имеющегося в ИПФ РАН гиротронного комплекса. Полученные результаты упрощают создание частотно-перестраиваемых гиротронов с уникальными характеристиками.

#### **5 Заключение**

Диссертация Зуева А.С. является квалификационной научной работой, ее содержание соответствует специальности 1.3.4 – радиофизика и соответствует все требованиям ВАК России.

Особо следует отметить результаты исследования многоствольных мощных терагерцовых гиротронов.

Автор Зуев Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук за:

проведенное моделирование двух отличающихся по мощности вариантов частотно-перестраиваемых субтерагерцовых гиротронов для работы на первой циклотронной гармонике с мощностью выходного излучения около 200 Вт (с перестройкой в интервале 0,2–0,27 ТГц) и с мощностью около 200 кВт (0,1–0,26 ТГц) на основе триодной схемы магнетронно-инжекторной пушки с учётом магнитной системы;

экспериментально реализуемую дискретную перестройку частоты в диапазоне 133,9–249,5 ГГц (почти на октаву) в мощном субтерагерцовом гиротроне;

и других перечисленных в автореферате результатов исследований, что в совокупности является решением важной научной задачи в области разработки и создания мощных гиротронов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн.

Профессор кафедры «Вычислительных методов и программирования»  
Белорусского Государственного университета информатики и  
радиоэлектроники, доктор физико-математических наук

18.01.2024

С.В.Колосов

