

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Жабина Геннадия Анатольевича «Совершенствование эмиссионных и эксплуатационных свойств молекулярно-напыленных оксидных катодов для циклотронных защитных устройств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. "Вакуумная и плазменная электроника".

Оксидные катоды работают при существенно более низкой температуре чем другие типы подогревных катодов, применяемых в электровакуумных приборах. Это позволяет снизить потребляемую катодом мощность, скорость испарения материалов с поверхности катода и напыления их на внутренние детали приборов. Диссертация Жабина Геннадия Анатольевича посвящена молекулярно-напыленным оксидным катодам, которые могут применяться в электровакуумных приборах с ленточными электронными потоками малой толщины. Это перспективные приборы специального назначения и приборы миллиметрового диапазона длин волн импульсного и непрерывного действия.

До настоящего времени существенными недостатками оксидных катодов, в том числе и молекулярно-напыленных оксидных катодов, оставались низкие рабочие плотности эмиссионного тока с поверхности катода, значительно меньше  $1 \text{ А/см}^2$ , и невысокая их эмиссионная долговечность – до 10 тыс. ч. даже при плотности эмиссионного тока  $0,3 \text{ А/см}^2$ . Совершенствование конструкции и технологии молекулярно-напыленных оксидных катодов с целью улучшения их эмиссионных и эксплуатационных характеристик является задачей актуальной. Катоды с улучшенными характеристиками необходимы для создания циклотронных защитных устройств с высокой надёжностью, а также могут быть использованы для повышения надёжности электровакуумных приборов других типов с оксидными катодами при плотности эмиссионного тока более  $0,3 \text{ А/см}^2$ .

Автореферат диссертации Жабина Геннадия Анатольевича даёт достаточно полное представление о молекулярно-напыленных оксидных катодах и особенности их применения в циклотронных защитных устройствах, цели работы, решаемых задачах, методах исследования, научной новизне полученных результатов и их достоверности, обоснованности научных положений, вынесенных на защиту, теоретической и практической значимости работы и отражает основное содержание диссертации.

В автореферате диссертации в кратком изложении представлен ряд новых научных результатов, использование которых позволило существенно улучшить характеристики молекулярно-напыленных оксидных катодов и циклотронных защитных устройств с этими катодами. Наиболее важные из них:

- на основе исследований влияния режимов высокотемпературного отжига катода из вольфрам-иридиевого сплава, покрытого методом напыления плёнкой иридия на фазовый и элементный состав, морфологию эмиссионной поверхности и эмиссионные свойства молекулярно-напыленных оксидных катодов разработана технология, позволившая увеличить срок службы катода в 1,5-2 раза за счёт снижения его рабочей температуры на 40-80 градусов;

- получены результаты экспериментальных исследований влияния режимов выполнения технологических процессов напыления на керн катода молекулярных эмиссионных покрытий стандартного состава на морфологию, микроструктуру, элементный состав этих покрытий, эмиссионные и эксплуатационные характеристики катодов; на основе анализа этих результатов определены режимы, обеспечивающие увеличение рабочей плотности эмиссионного тока с поверхности катода до 2-3 А/см<sup>2</sup> и увеличение срока службы катода при этой плотности до 7-10 тыс. ч.;

- разработана технология электронной очистки внутренних поверхностей резонатора циклотронного защитного устройства после откачки в режиме с входным СВЧ-сигналом большой мощности, обеспечивающая улучшение вакуумных условий работы катода и параметров циклотронного защитного устройства.

Результаты диссертационной работы Жабина Геннадия Анатольевича имеют большое практическое значение, о чём свидетельствуют результаты их внедрения в производственную деятельность АО "НПП "Исток" им. Шокина". Эти результаты могут быть также полезны при разработке и производстве электровакуумных приборов других типов с молекулярно-напыленными оксидными катодами.

Важным достоинством работы является то, что научные положения, вынесенные на защиту, и практическая значимость работы обоснованы автором по результатам экспериментальных исследований.

Автором решена актуальная научно-техническая задача улучшения эмиссионных и эксплуатационных свойств молекулярно-напыленных оксидных катодов и циклотронных защитных устройств с ними.

Результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в 21 публикации, 11 из них в научно-технических журналах, рекомендуемых Перечнем ВАК, 3 в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Web of Science и Scopus, получен патент РФ на изобретение по теме диссертации.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. К рисунку 3 нет пояснения почему рабочие точки по температуре исследуемых образцов катодов выбраны при разных плотностях эмиссионного тока.

2. Нет сведений при всех ли исследованиях катоды работали в режимах ограничения по току.

3. Не понятно как рассчитывался "срок службы" по рисунку 6 при разных температурах катода и разных плотностях эмиссионного тока. Как, например, учитывалось, что 9,5 тыс. ч. катод работал при пониженной температуре и плотности эмиссионного тока?

4. Нет пояснения механизма появления паразитных сигналов в спектре выходного сигнала циклотронных защитных устройств при воздействии механических колебаний и связи этого механизма с конструкцией молекулярно-напыленного оксидного катода.

Однако, указанные замечания по автореферату не влияют на основные результаты, полученные автором, и частично снимаются тем, что полученные результаты обладают научной новизной и имеют важное практическое значение.

Диссертационная работа Жабина Геннадия Анатольевича является законченной научно-квалификационной работой, полностью отвечающей всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. "Вакуумная и плазменная электроника".

Главный научный сотрудник отдела «Электровакуумных микроволновых усилителей мощности космического назначения и малогабаритных клистронов», кандидат технических наук

 Павел Данилович Шалаев

Место работы: Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Алмаз»

Адрес: Россия, 410033, Саратов, ул. Панфилова, д.1.

Тел.: 8 (845) 248-10-81

E-mail: ShalaevPD@almaz-rpe.ru

Подпись Шалаева Павла Даниловича заверяю

Начальник ОУП АО «НПП «Алмаз»



 Н.А. Коноплина

«10» 03 2022 г