

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Комарского Александра Александровича** по теме **«Острофокусная взрывоэмиссионная рентгеновская трубка с комбинированными электродами»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

В настоящее время при решении задач дефектоскопии трубопроводного транспорта, элементов конструкций ядерных реакторов и других промышленных изделий, медицинской диагностики, обнаружения и идентификации скрытых опасных предметов и т.д. находят растущее применения генераторы рентгеновского излучения, работающие в импульсно- периодическом режиме. В этих приборах, как правило, используются запаянные ускорительные трубки с взрывоэмиссионными катодами. Интерес к ним связан с компактностью и транспортабельностью аппаратуры. Недостатком этих приборов является сравнительно высокая нестабильность генерации рентгеновских квантов от импульса к импульсу, что приводит к серьезным затруднениям при построении комплексов дистанционного радиационного контроля на их основе. В представленной к защите диссертационной работе предлагаются технические решения, направленные на исправление указанного недостатка, поэтому ее **актуальность** не вызывает сомнения.

Автором разработана ускорительная трубка с катодом, позволяющим осуществляющим стабильную взрывную электронную эмиссию при скорости нарастания напряжения ниже 10^{13} В/с (до $2 \cdot 10^{12}$ В/с), с тепловой мощностью рассеивания на аноде до 3 кВт при работе в импульсно- периодическом режиме. Показана реализация способа изменения выходного напряжения в широком диапазоне на рентгеновской трубке с взрывоэмиссионным катодом и, как следствие, изменения эффективной энергии рентгеновского излучения, импульсного рентгеновского аппарата с индуктивным накопителем энергии и твердотельным прерывателем тока.

В ходе работы проведены важные исследования, которые позволили найти подходящий материал и оптимальную конструкцию холодного катода, способного работать в режиме взрывной эмиссии, для разрабатываемой ускорительной рентгеновской трубки, улучшить условия рассеивания мощности, выделяемой на ее аноде, а также обеспечить возможность более глубокой регулировки анодного напряжения по сравнению с рентгеновскими аппаратами непрерывного действия.

Диссертация Комарского А.А. состоит из введения, 4 глав, заключения, глоссария и списка литературы. Работа изложена на 107 страницах, содержит 82 рисунка и 4 таблицы. Список литературы включает 114 наименований.

Во введении сформулированы основные цели и задачи диссертационной работы, обосновывается актуальность исследований и разработок, которые представлены в диссертации. Отмечена научная и практическая значимость работы, научная новизна.

В первой главе представлен обзор и анализ современных научных данных в области разработки автоэмиссионных и взрывоэмиссионных катодов, анализируются возможности применения тех или иных материалов в качестве катодов для импульсных рентгеновских трубок. Проводится анализ конструкций существующих рентгеновских трубок с взрывоэмиссионными катодами, их достоинства и недостатки. Рассмотрены и проанализированы известные схемы и принципы построения высоковольтных генераторов импульсов с емкостными и индуктивными накопителями энергии, а также твердотельными прерывателями тока. На основании проведенного анализа сформулированы задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлены результаты исследований, связанных с разработкой графитокерамического взрывоэмиссионного катода со стабильной эмиссией электронов при скоростях нарастания импульса напряжения $(2 \cdot 10^{12} - 10^{13})$ В/с. Приведены экспериментальные данные по стабильности работы автокатодов из разных марок промышленных графитов при различных рабочих давлениях в вакуумной камере.

Третья глава посвящена разработке вольфрамографитового анода с повышенной мощностью рассеяния до 3-х кВт при работе в импульсно-периодическом режиме и малом диаметре фокусного пятна. Сделаны оценки допустимой тепловой нагрузки для рентгеновских трубок с различными конструкциями анодной системы.

В четвертой главе описана реализация способа регулировки выходного напряжения рентгеновской трубки с взрывоэмиссионным катодом в зависимости от изменения скорости нарастания импульса напряжения. Приводятся результаты исследования данного типа рентгеновских аппаратов с цифровыми приемниками рентгеновского излучения.

В заключении автором сформулированы основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

В качестве результатов, обладающих признаками научной новизны следует отметить разработку и создание графитокерамического взрывоэмиссионного катода для импульсной рентгеновской трубки, позволяющего получать стабильную эмиссию электронов при скорости нарастания напряжения на трубке до $2,5 \cdot 10^{12}$ В/с, разработку комбинированного вольфрамографитового анода импульсной рентгеновской трубки с малым эффективным размером фокусного пятна (1,5 мм) и средней мощностью рассеяния до 3 кВт. Важным физическим результатом является установление, пока на качественном уровне, зависимости эмиссионного тока катода, содержащего графит, от бомбардировки поверхности катода ионами остаточных газов в процессе работы. Этот результат после дальнейшей, более тщательной проработки может лечь в основу новой нано- технологии.

Практическая значимость определяется созданием взрывоэмиссионный катода с более стабильной эмиссией электронов при меньших скоростях нарастания напряжения, по сравнению с известными серийными рентгеновскими трубками, разработкой вольфрамографитового анода с повышенной термоустойчивостью, позволяющего упростить внедрение цифровых приемников излучения и реализацией возможности изменения эффективной энергии рентгеновского излучения в аппаратах, работающих в

импульсно- периодическом режиме, для изучения объектов с разной плотностью.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения, т.к. они получены с применением современных исследовательских методов и оборудования при удовлетворительном совпадении теоретических и экспериментальных данных. Работы автора представлены в 7 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах и доложены на престижных научных конференциях. Разработанные автором технические решения защищены 3-мя патентами РФ.

К сожалению диссертационная работа не лишена отдельных недостатков:

1. Не достаточно корректно проводится сопоставление одних и тех же материалов для катодов со стабильной и импульсной эмиссией, в силу различия их механизмов.
2. Спектры тормозного рентгеновского излучения получены с использования формул Шиффа, которые не работают применительно к генерации рентгеновских квантов в импульсном режиме.
3. Используемый в диссертации термин «взрывоэмиссионная трубка» нельзя признать удачным.
4. В тексте диссертации встречаются отдельные грамматические ошибки и опечатки.

Указанные недостатки не являются существенными и не умаляют научной ценности работы в целом.

Диссертация Комарского А.А. является научно-квалификационной работой, в которой представлена разработка ускорительной рентгеновской трубки с взрывоэмиссионным катодом, термоустойчивым анодом, повышенной стабильностью генерации импульсов излучения, позволяющая обеспечивать плавную регулировку дозы в области исследуемого объекта.

Диссертационная работа обладает научной новизной и практической ценностью, вполне удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ. Публикации автора и автореферат полностью отражают содержание диссертации.

Автор диссертации Комарский Александр Александрович несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

Я, Шиканов Александр Евгеньевич, профессор каф. ЭФУ, главный научный сотрудник РУЦ НИЯУ МИФИ согласен выступить в качестве официального оппонента по диссертационной работе Комарского А.А. в диссертационном совете Д 004.924.01 Института электрофизики УрО РАН.

Д.т.н., профессор,
лауреат госпремии УССР



Шиканов А.Е.

24.11.2017.

Шиканов Александр Евгеньевич

115409 г. Москва, Каширское шоссе, 31

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

E-mail: aeshikanov14@mail.ru

Тел. раб. +7 495 324 29 95

