

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кудюкина Александра Игоревича
«Бесштенгельное изготовление мощных металлокерамических вакуумных
дугогасительных камер», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.1. – Вакуумная и плазменная электроника.

Актуальность. Вакуумные дугогасительные камеры (КДВ) являются основными элементами современных устройств, обеспечивающих автоматизированную коммутацию сильноточных высоковольтных электрических цепей переменного тока. Камеры широко применяются в энергетике, на транспорте, в горно-рудном деле, в нефте-газодобыче.

Металлокерамические КДВ представляют собой изделие, в которых обеспечивается высокий вакуум (давление около 10^{-5} мм рт. ст.). Оболочка камеры выполнена из высокопрочной керамики, которая герметично соединяется с металлическими участками оболочки путем пайки твердыми припоями. Откачка приборов еще недавно велась через штенгель. Сегодня чаще применяется «бесштенгельная» технология откачки, такая технология принципиально является более производительной, поскольку позволяет осуществлять «групповой» способ откачки приборов.

Контактные материалы (КМ) электродов КДВ, представляют собой сложные композиции из меди и хрома. Структура и свойства композиций могут существенно изменяться в процессе работы приборов за счет интенсивных термических процессов при разрыве больших токов. Долговечность и надежность КДВ определяются, в основном, свойствами КМ.

Результаты диссертационной работы направлены на создание и применение надежных металлокерамических высоковольтных крупногабаритных дугогасительных камер на 110 кВ, расширяющих области применения их в энергетике и сильноточной электронике, и развитие современных промышленных технологий, обеспечивающих импортозамещение самых надежных и самых дешевых всего класса металлокерамических дугогасительных камер. В работе исследуются особенности технологий пайки и откачки приборов, контроля вакуума и герметичности готовых изделий. Методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) и электронного микрозондового анализа (РСМА) совместно с растровым наблюдением микрорельефа поверхности, осуществляемым с помощью электронного микроскопа JEOL JSM-6610LV, изучаются изменения морфологии поверхности и состава композиционного контактного материала Cu-Cr (его деградация) в условиях интенсивных энергетических потоков. Поэтому тема работы является актуальной и важной для практики.

Цель. Развитие промышленных бесштенгельных вакуумных и плазменных технологий при производстве вакуумных и газоразрядных приборов, включая вакуумные дугогасительные камеры КДВ-110.

Научная новизна работы определяется её следующими результатами.

1. Подтверждено, что использование бесштенгельной технологии изготовления металлокерамических вакуумных дугогасительных камер с рабочим напряжением 110 кВ на базе высокопроизводительного вакуумного крупногабаритного оборудования

обеспечивает повышение вакуумной чистоты с 10^{-4} Па (штенгельный способ) до 10^{-6} Па (бесштенгельный способ) при откачке и пайке в процессе изготовления электровакуумного прибора.

2. Впервые с помощью метода атомно-силовой микроскопии и электронного микронзондового анализа на электронных изображениях микрорельефа расплавленной поверхности медно-хромового катода обнаружен эффект миграции атомов меди при плавлении поверхности к краю в область более низких температур катода.

3. В дугогасительной вакуумной камере при возникновении электрической дуги происходит плавление материала катода на основе медно-хромового сплава (60% - медь; 40% - хром), сегрегация атомов меди вследствие большей подвижности по сравнению с хромом при окислении атомов и перераспределение элементного состава поверхности катода в исследуемых образцах.

Теоретическая и практическая значимость.

1. Разработана и внедрена бесштенгельная технология изготовления металлокерамических вакуумных дугогасительных камер с рабочим напряжением 110 кВ на базе высокопроизводительного оборудования больших объемов (до 9 м³).

2. Результаты диссертационной работы внедрены на предприятии ООО «Вакуумные технологии» и способствовали развитию производства групповым (бесштенгельным) методом всего класса вакуумных дугогасительных камер и выйти на первое место в России по их качеству и объему производства.

Замечания.

1) Точками F и G на рисунке 2.4 (б) указаны точки пайки, но не указано конкретно: низко и высокотемпературные; температура пайки.

2) На рисунке 2.4 не ясно, для какого режима откачки приведены диаграммы, когда внутри камеры один или четыре прибора.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы, не затрагивают научных положений и не влияют на достоверность и значимость полученных результатов.

Автореферат отражает основные результаты диссертации, полностью одобрены всероссийскими и международными конференциями академическим сообществом, результаты диссертационных исследований опубликованы в журналах российского и международного уровня. Диссертация соответствует специальности 2.2.1. Вакуумная и плазменная электроника.

Таким образом, принимая во внимание все вышесказанное считаю, что диссертация Кудюкина Александра Игоревича «Бесштенгельное изготовление мощных металлокерамических вакуумных дугогасительных камер» является законченной квалификационной работой, по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов и обоснованности выводов соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», в части кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. «Вакуумная и плазменная электроника».

Чернов Евгений Иванович

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-измерительной и биомедицинской техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина», г. Рязань

Чернов / Чернов Евгений Иванович /

Адрес: 390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Телефон: +7 (910) 6375269

e-mail: inspi@yandex.ru

«19» 02 2024 г.

Подпись Чернова Е.И. заверяю

Подпись	<u>Чернова Евгений Ивановича</u>	(Фамилия, имя, отчество)
Должность, подразделение	<u>профессор ИБМТ</u>	
ЗАВЕРЯЮ		
Работник УК РГРТУ	<u>Зам. кан. УК ИР/ИМТ.К.</u>	(Должность, подпись, фамилия, инициалы)
Ректор/проректор по	<u>УР</u>	(Подпись, фамилия, инициалы)
(Нужное подчеркнуть)		
М.П.		