

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 диссертации Кудюкина Александра Игоревича.

Вакуумные дугогасительные камеры (КДВ) являются основными элементами современных устройств, обеспечивающих автоматизированную коммутацию силовых высоковольтных электрических цепей переменного тока. Камеры широко применяются в энергетике, на транспорте, в горно-рудном деле, в нефте-газодобыче для расширения возможности применения КВД необходимо повысить их надежность за счет перехода на класс металлокерамических: разработки долговечных катодов; понижения стоимости КВД за счет повышения производительности труда и применения коллективного (бесштенгельного) изготовления изделий.

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

Решение задач бесштенгельной откачки и пайки металлокерамических крупногабаритных камер КДВ-110 потребовало привлечение вакуумных печей объемом до 9 м³ и температурой пайки до 910 °С.

В работе исследуются особенности технологии пайки и откачки приборов, контроля вакуума и герметичности готовых изделий. Методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) и электронного микроскопического 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.

Разработанный способ откачки и герметизации вакуумных дугогасительных камер в вакуумной печи с использованием дополнительной операции - выдержки с длительностью, достаточной для откачки газа в молекулярно-кинетическом режиме из объема камер через незапаянные швы при температуре не более 100°С, позволяет применять бесштенгельную технологию для изготовления ВДК большого размера (на напряжение 110 кВ). При подъеме температуры выше 100°С может начаться процесс окисления деталей внутри ВДК из меди, хрома и нержавеющей стали в результате взаимодействия с остаточным газом, содержащим кислород.

Бесштенгельное производство крупногабаритных камер в печах большого объема, позволяет осуществлять одновременное изготовление 4-х

камер КДВ-110, что значительно сокращает время изготовления и увеличивает производительность производства.

Научная новизна работы.

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) С помощью метода атомно-силовой микроскопии и электронного микрозондового 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

4) 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 работы.

1. Внедрена бесштенгельная технология изготовления металлокерамических вакуумных дугогасительных камер с рабочим напряжением 110 кВ на базе высокопроизводительного оборудования, что обеспечило большую (по количеству приборов) загрузку вакуумной печи, что значительно (в 1,5 – 2 раза) сокращает суммарное время откачки, пайки и изготовления электровакуумных приборов.

2. Разработана новая конструкция электродов, содержащая дополнительные слои меди в структуре, созданная на основе анализа динамики перераспределения основных элементов (Cu, Cr, O) на поверхности электродов, что увеличило ресурс вакуумной дугогасительной камеры на 44%.

Замечания.

1) В автореферате на страницах 4 и 14 говорится о новой конструкции катода. К сожалению, она нигде не приведена.

2) На рисунке 2.4 говорится о применении ступенчатого охлаждения, снижающего вероятность растрескивания керамической оболочки. Требуется более подробное описание.

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

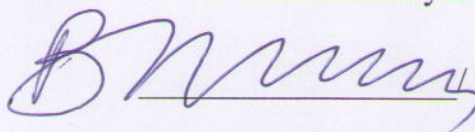
Автореферат отражает основные результаты диссертации, полностью одобрены всероссийскими и международными конференциями, результаты диссертационных исследований опубликованы в журналах российского и

международного уровня. Диссертация соответствует специальности 2.2.1. Вакуумная и плазменная электроника.

Таким образом, принимая во внимание все выше сказанное 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».

Шеманин Валерий Геннадьевич

доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательская лаборатория лазерной физики Новороссийского политехнического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»



Шеманин Валерий Геннадьевич /

Адрес: 353900, г. Новороссийск, ул. Карла Маркса д.20

Телефон: 8(8617)641814, +7 (918) 4784581

e-mail: vshemanin@mail.ru

« 8 » _февраля 2024 г.

Подпись Шеманина В.Г. заверяю.



ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ
СПЕЦИАЛИСТ
ОК НИИ КУБГТУ
ТАРАБАС Д.Н.
2024 г.