

«Разработка технологии получения новых материалов путем попеременного, совместного импульсного плазменного осаждения и бомбардировки ионными пучками».

**Доклад на открытом научном семинаре «Управляемый термоядерный
синтез и плазменные технологии» 27.04.2022 г.**

Докладчик

**начальник лаборатории технологий нанесения покрытий
НИЦ «Курчатовский институт» Обрезков Олег Иосифович**

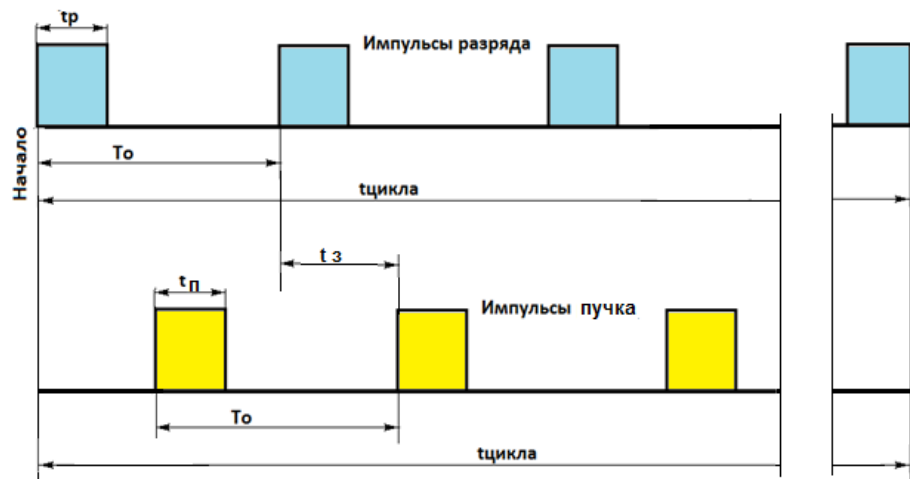
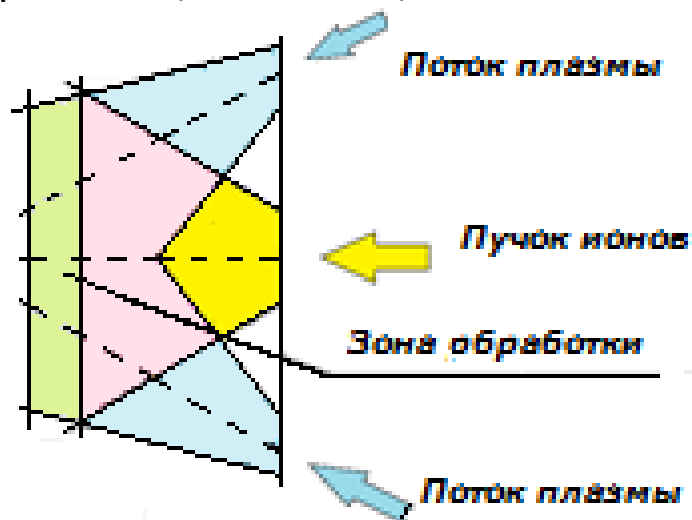


Организация рабочего процесса производства покрытий совмещенными плазменными пучковыми технологиями



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

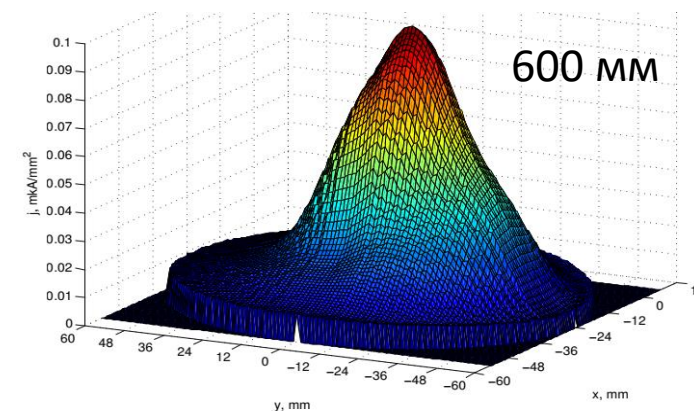
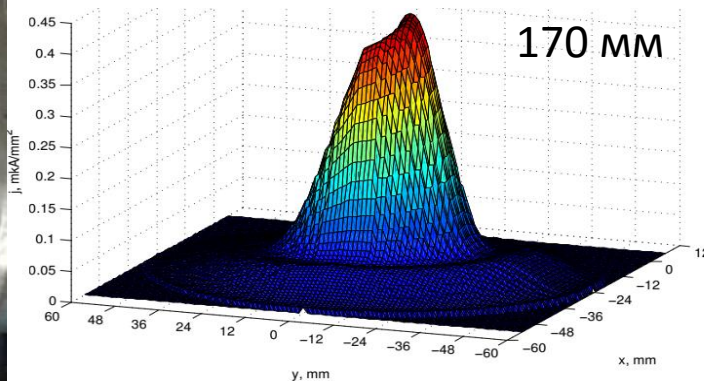
Организация совмещенного плазменного и пучкового процесса в пространстве и по времени



Импульсные генераторы
плазмы дуговые
торцевого типа с
возбуждением дуги
электрическим пробоем
по изолятору

Измерение формы и плотности тока в пучке ионов титана на расстоянии от старта

Источник ионов
«Сокол» с круговой
стартовой
апертурой пучка
ионов на
установочном
фланце без
защитного экрана





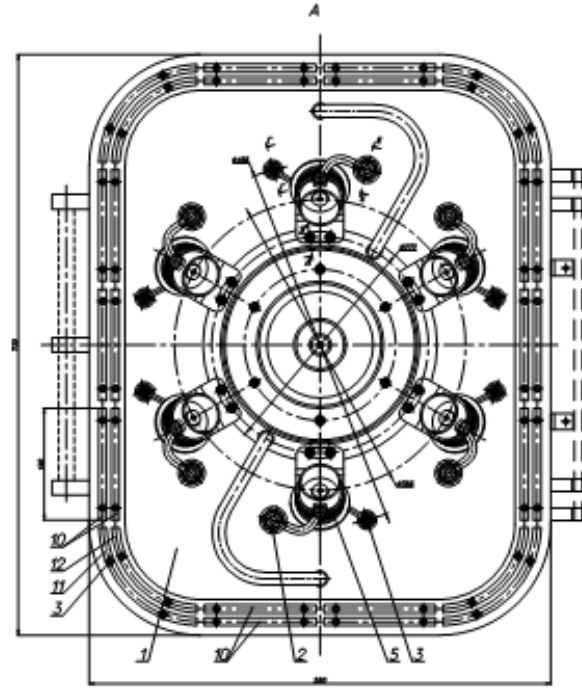
Установка «Тандем» стенда совмещенных технологий



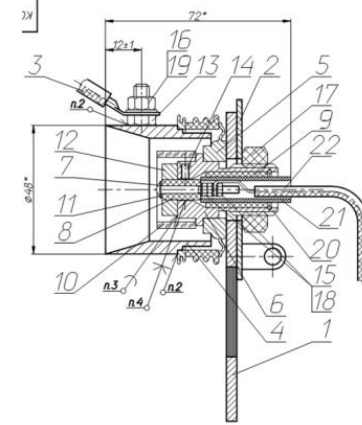
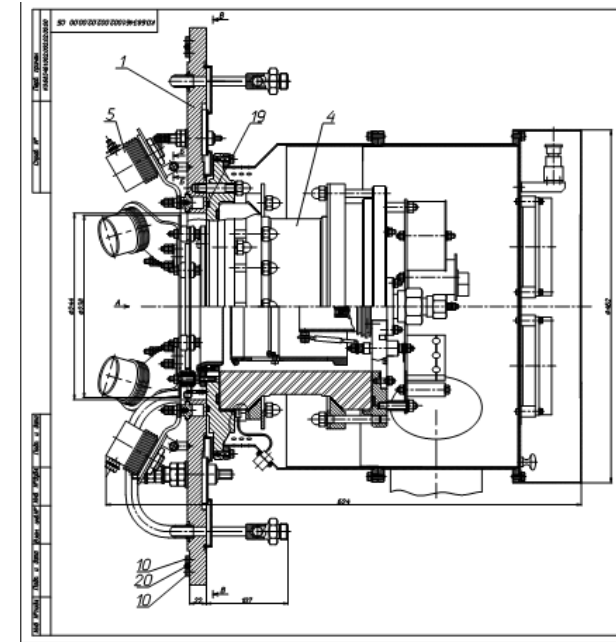
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Вакуумная камера

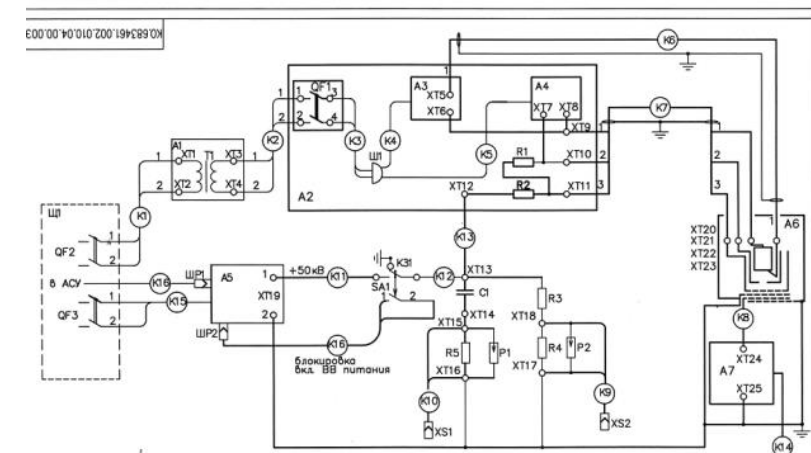
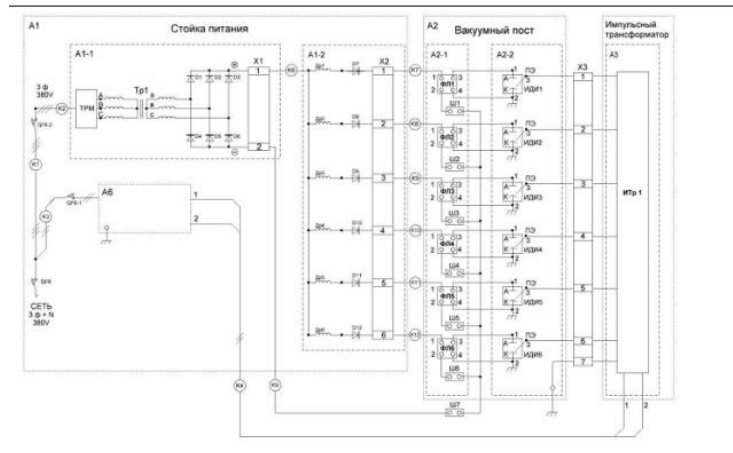
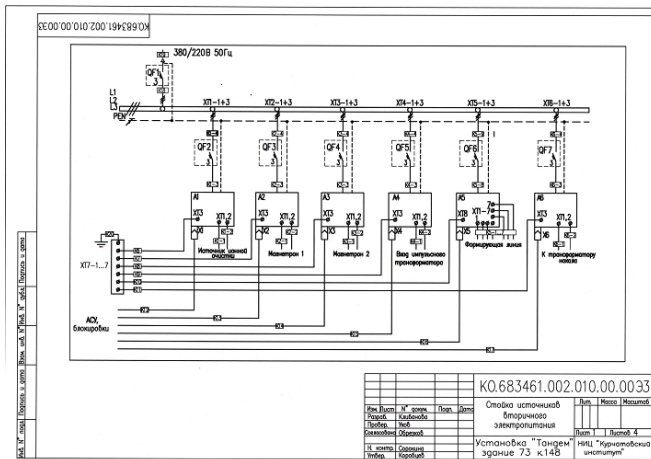


Модуль совмещенных технологий на задней двери камеры



Импульсный дуговой
испаритель мишеней

Система электропитания электрофизических устройств



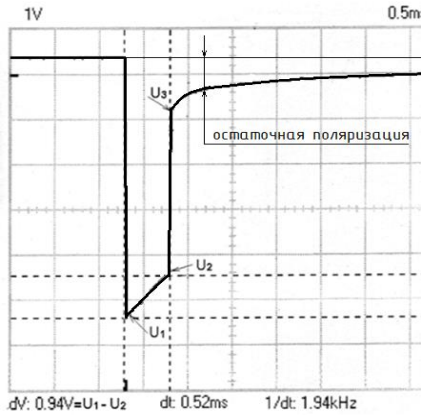
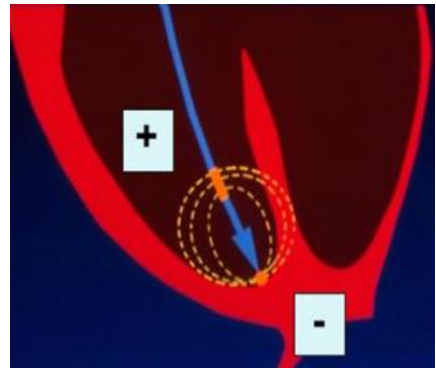
Основные характеристики установки совмещенных технологий «Тандем»

Объём вакуумной камеры, л -	500
Предельное остаточное давление, Па –	10E-3
Максимальная скорость откачки л/с -	2200
Два загрузочных люка , мм	500*600
Рабочие газы -	аргон, азот
Камера оснащена планарными- источником ионной очистки образцов, стационарным магнетроном напыления покрытий	
Протяженность зоны обработки, мм	400
Нагреватель деталей мощность, кВт -	20
Температура нагрева образцов до, град С	500
Многопозиционное движение образцов	
Диаметр зоны совмещенной обработки, мм	до 300

Режим работы ионного источника и дуговых испарителей – импульсный , частотно периодический	
Тип испарителя металла и источника ионов – импульсный, дуговой (MEVVA)	
Генерируемые материалы (ионы , плазма, пар)	- металлы
Частота повторения импульсов, Гц, максимальная	50
Длительность импульсов испарителей до, мс	2
Источника ионов до, мкс	350
Регулировка фазы процесса, град -	0-360
Средний ток ионного пучка, мА	до 50
Скважность	до 100
Максимальное ускоряющее напряжение, кВ	до 50
Зарядность ионов	до 5
Средний ток испарителя, А	до 20
Скважность	50

Теоретические вопросы и экспериментальные исследования

Расположение электрода в сердце и форма импульса стимуляции



Адмиттанс токового перехода n-ой гармоники импульса

$$Y_n = I_n / V_n$$

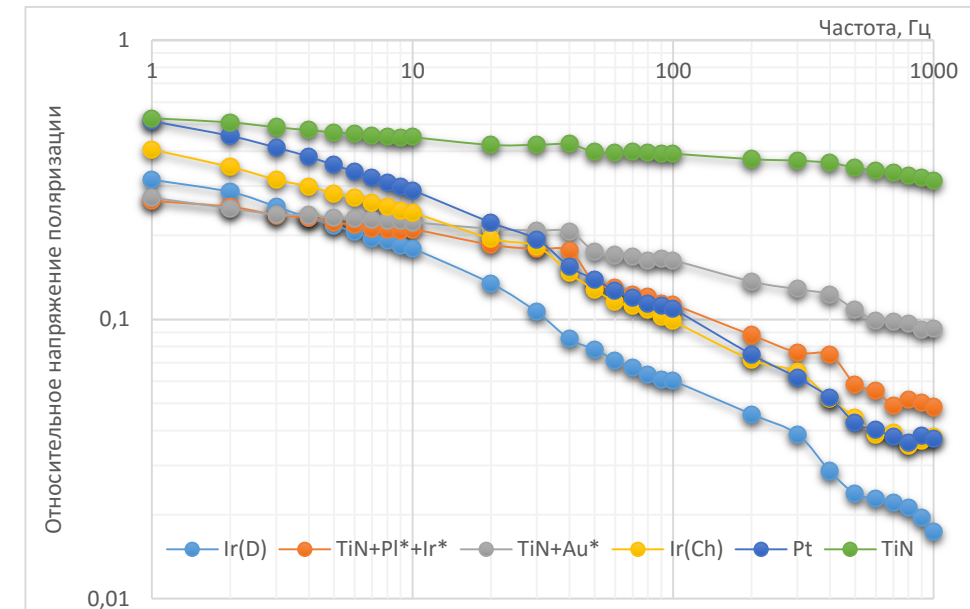
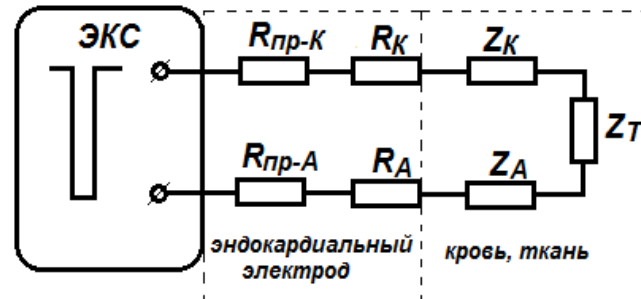
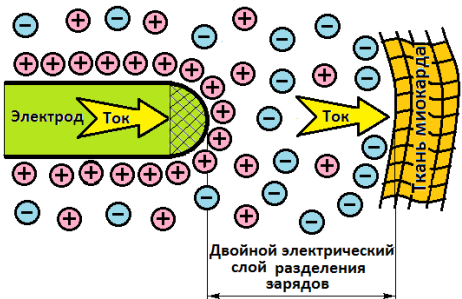
Эффективность передачи заряда

$$\eta_n = R_{ц} |Y_n|$$

Остаточная поляризация (относительная)

$$\Delta v_n'' = \sqrt{\frac{1}{2} [(1 - R_{ц} |Y_n| \cos \varphi_n)^2 + (R_{ц} |Y_n| \sin \varphi_n)^2]}$$

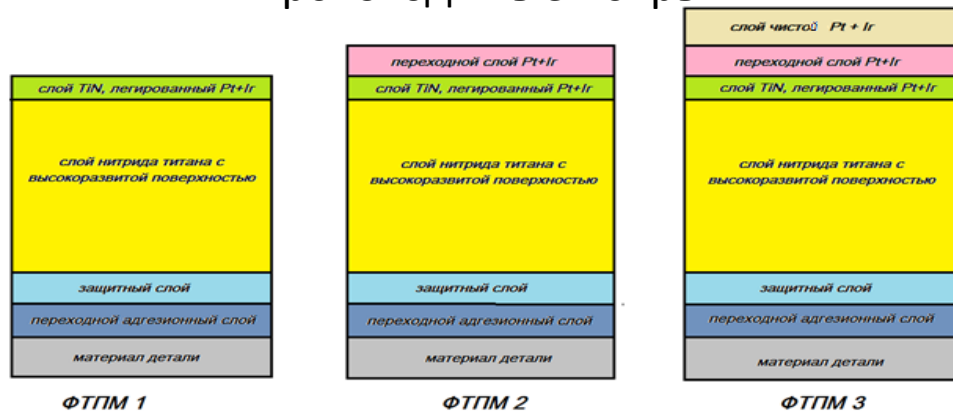
Модель электрической цепи при электрокардиостимуляции



Установка медицинского применения «Микромед», обрабатываемые детали и биосовместимые покрытия

Установка
«Микромед»

Производимые покрытия



Потребляемая электрическая мощность,
не более 20 кВт.

Площадь под установку 10 кв. м.

Автоматизация рабочего процесса.

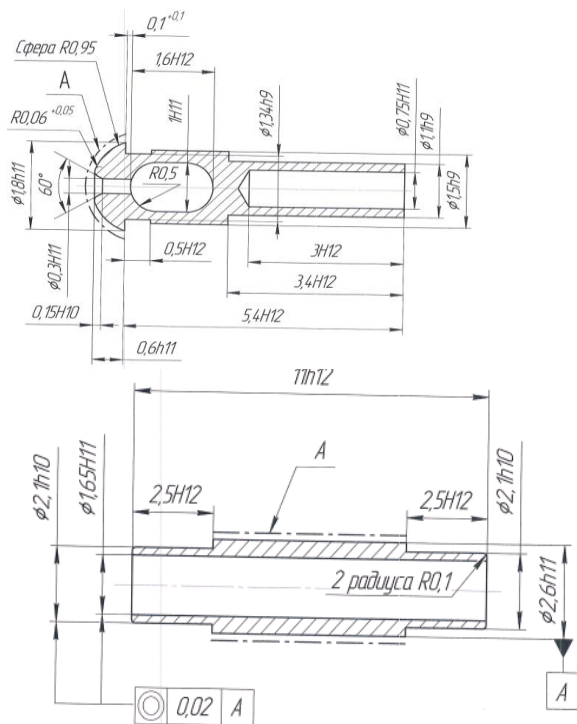
Обслуживание – 1 оператор.

Производительность – не менее 500
комплектов деталей на один
кардиоэлектрод за одну загрузку

К настоящему моменту основная
часть установки изготовлена и
проходит проверку

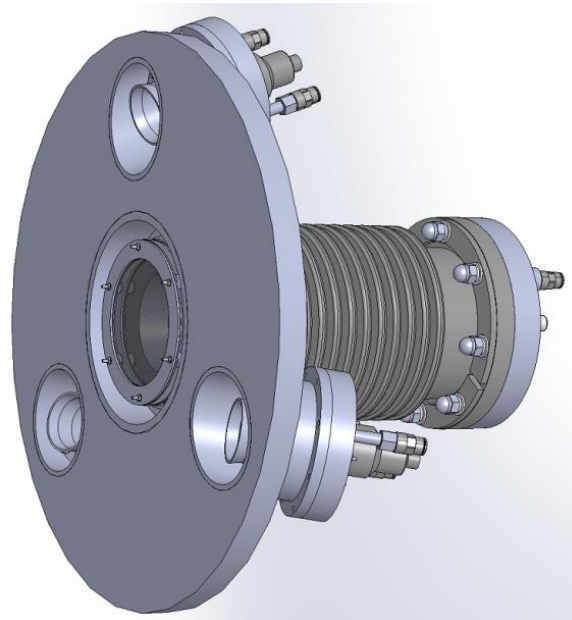


Комплект деталей на
эндокардиальный электрод с
пассивной фиксацией в сердце



Характеристики модуля

1. Генерируются потоки плазмы и ускоренные ионы металлов платиновой группы
2. Средний ток источника ионов, мА - 15
3. Ускоряющее напряжение, кВ - 35
4. Количество импульсных испарителей - 3
5. Средний ток испарителя, А 15
6. Частота работы, Гц до 30
7. Мишень испарителя – кольцо, $\phi 12*2*6$
8. Область совмещенной обработки $\phi 200$
9. Расчетное время нанесения покрытия из драгоценного металла, мин - 30



Модуль совмещенных технологий

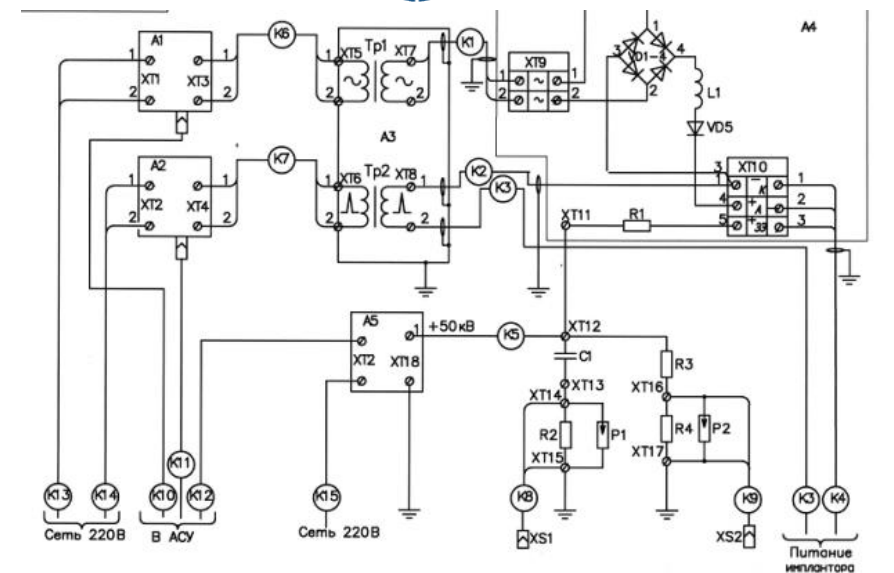
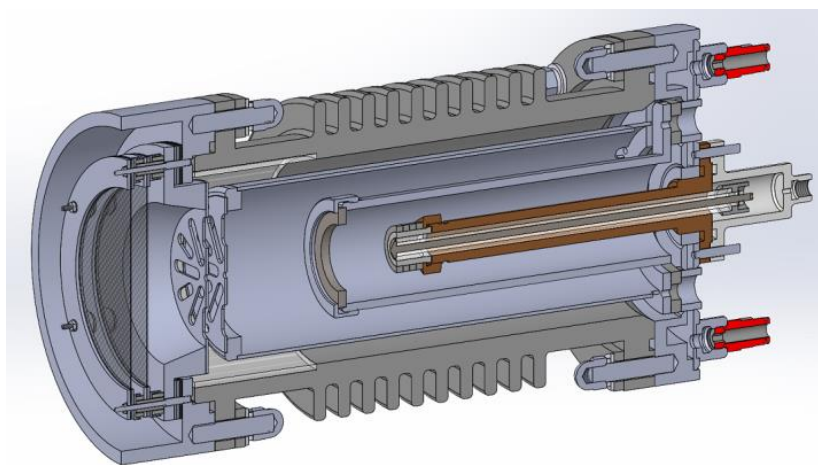
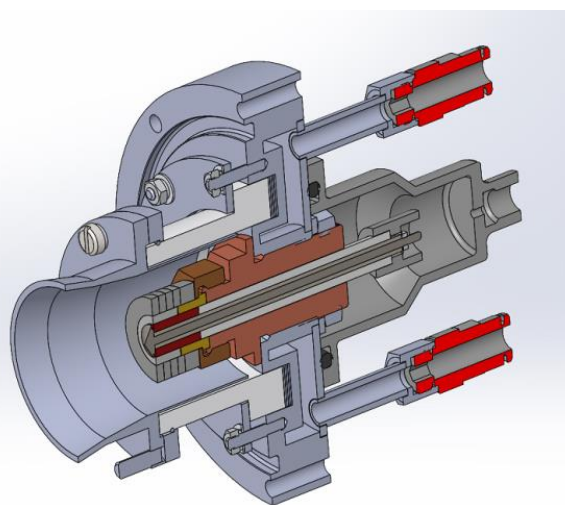


Схема электропитания источника ионов



Источник ионов



Импульсный дуговой испаритель

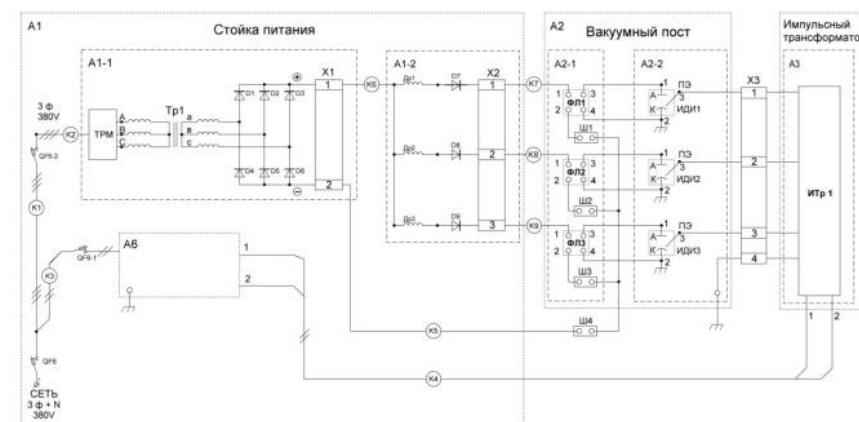


Схема электропитания 3-х импульсных испарителей

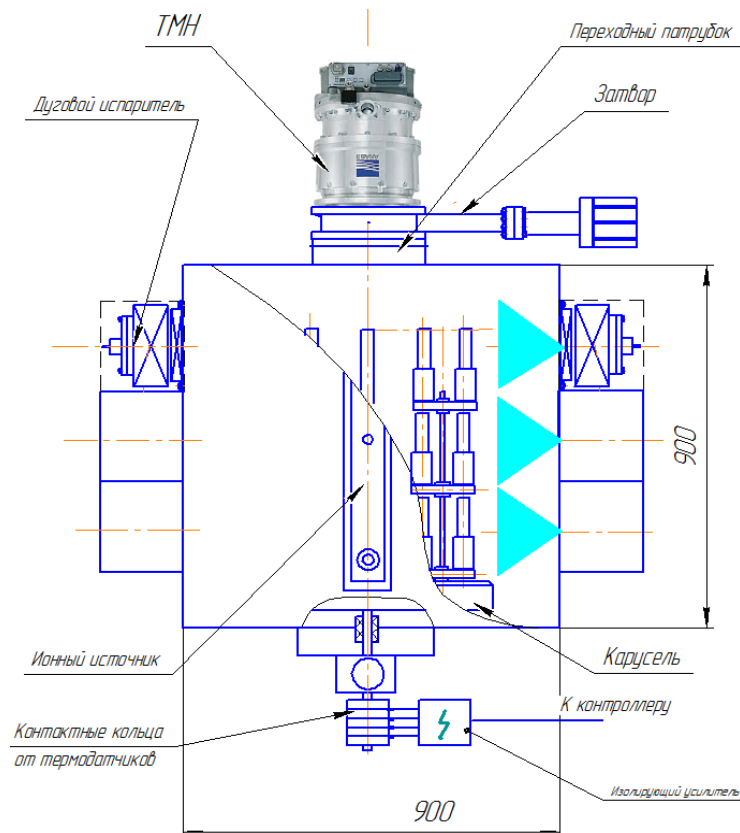
Кооперация работ по медицинскому направлению

- С Национальным медицинским центром сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева имеется договоренность о тестировании разрабатываемых покрытий в имитаторах крови *in vitro* на предмет эксплуатационных показателей и ресурсных свойствах покрытий. По результатам тестирования на первом этапе планируется применить разрабатываемые покрытия на временных электродах, устанавливаемых больным после операции с наружным ЭКС до установки постоянного устройства электрокардиостимуляции. Договор в стадии оформления.
- На втором этапе, после проведения клинических испытаний, можно внедрять эти покрытия к применению в новых конструкциях ЭКС. Установка «Микромед» может быть задействована в нанесении покрытий на группы деталей электродов (до 500 шт в загрузку) для передачи их предприятиям для сборки кардиальных электродов, например ООО «Кардиоэлектроника» и др.
- Ведутся совместные исследования с разработчиками электронных блоков ЭКС (ООО «МИКРОСТЭЛ») с целью создания аппаратных методов снижения остаточной поляризации электродов.

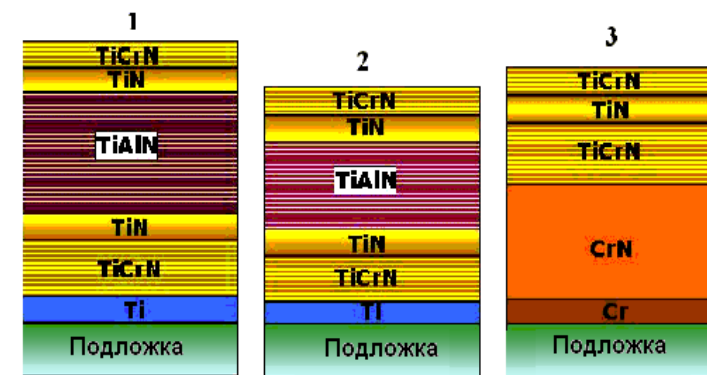
Опытная промышленная установка нанесения упрочняющих покрытий «Кремень 2»



Конструктивное исполнение



Рабочий процесс



- 1 - покрытие на режущий инструмент, обрабатывающий сталь
- 2 - покрытие на режущий инструмент, обрабатывающий сплавы Al
- 3 - покрытия на штампы, осуществляющие горячую деформацию стали

Структура получаемых износостойких покрытий

Изготовление вакуумной, камеры, технологических систем установки поручены компании ООО «НПП УВН» г. Москва



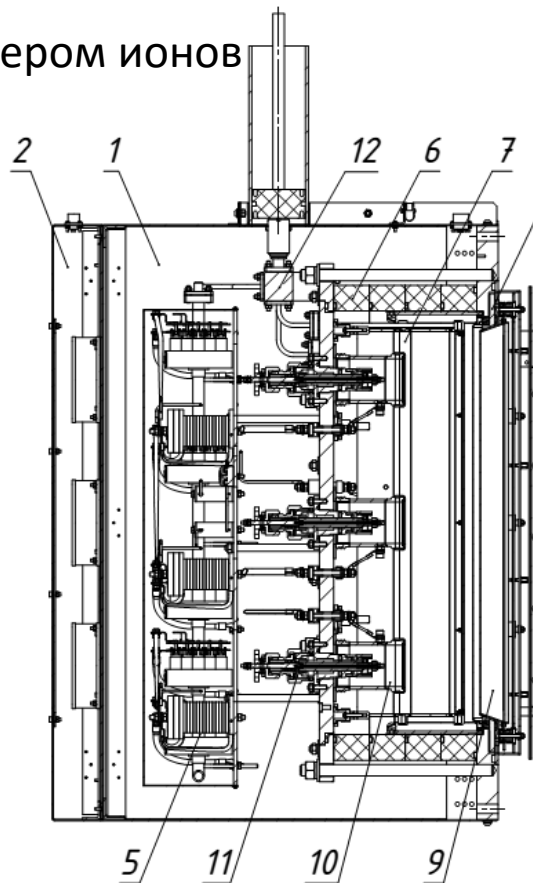
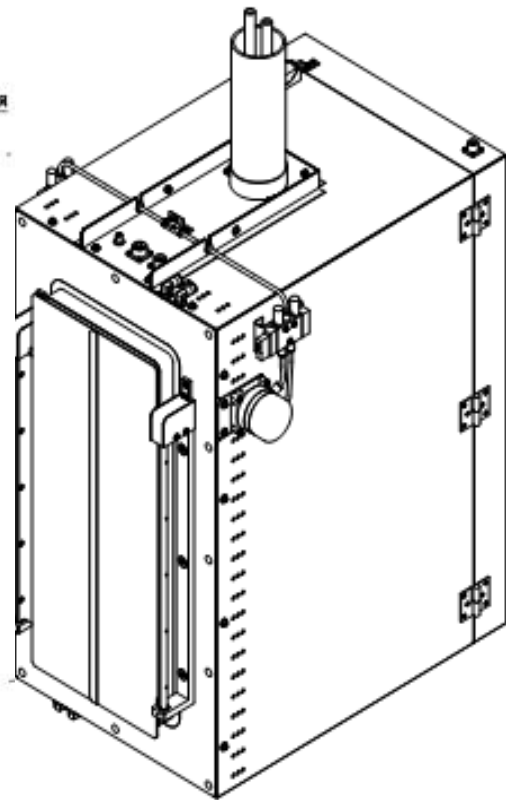
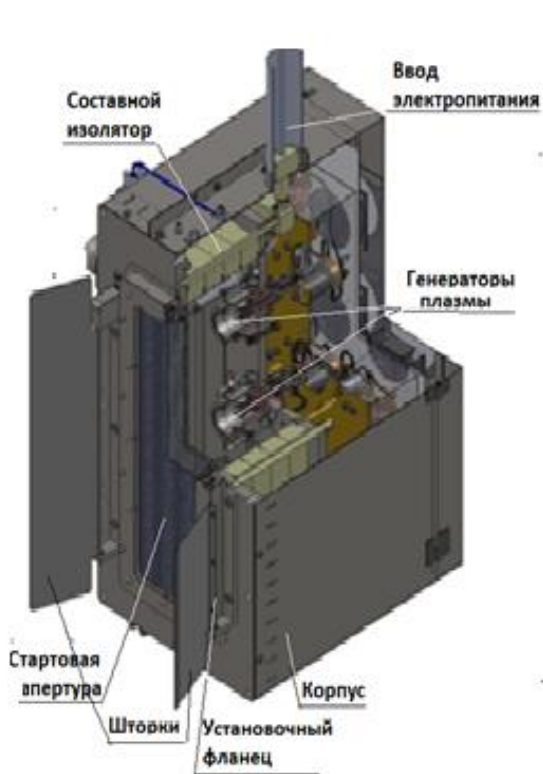
РОСАТОМ

Электрофизические устройства производства покрытий



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Источник ионов с протяженным (600 * 150 мм) эмиттером ионов

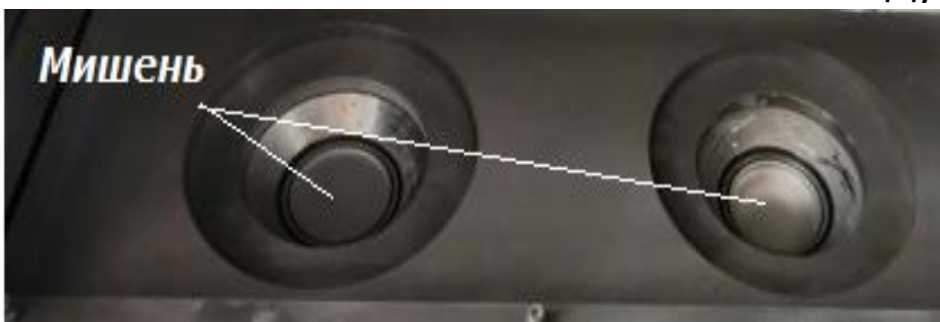


Средний ток пучка до 150мА
Импульсный ток до 15 А
Ускоряющее напряжение до 35 кВ
Ускоряются ионы металлов
Частота работы до 50 Гц
Скважность импульсов 100

Стойка электропитания



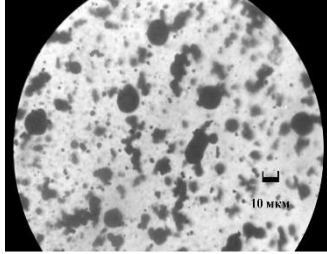
Дуговой испаритель с управляемым движением катодного пятна



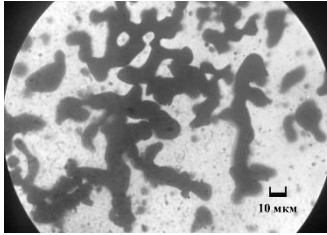
Композитные многокомпонентные мишени из порошков металлов с добавками кремния, бора, углерода

Разработка технологии производства композитных мишеней для производства покрытий

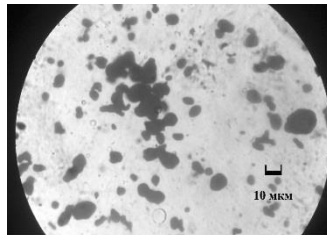
Порошок алюминия АСД-4, увеличение 1000-х.



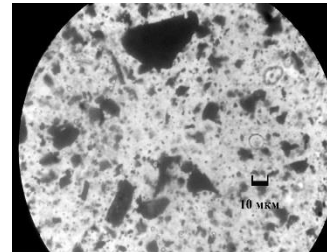
Порошок титана ПТОМ-1, увеличение 1000-х.



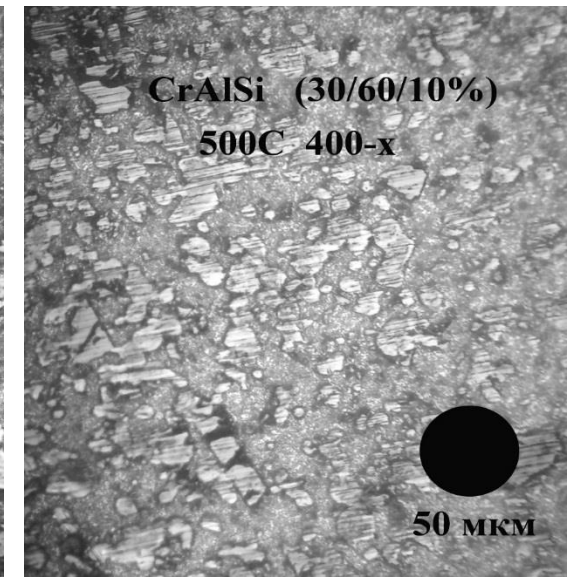
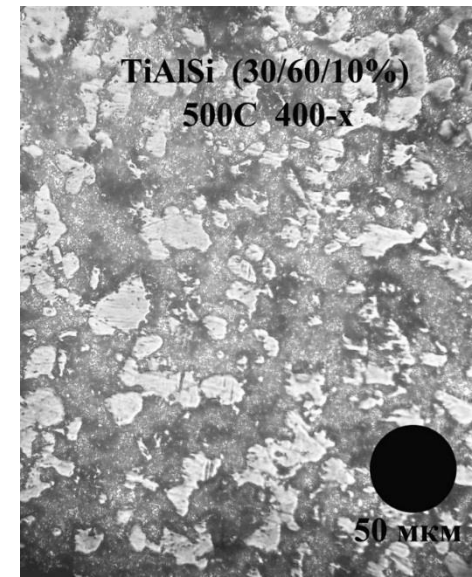
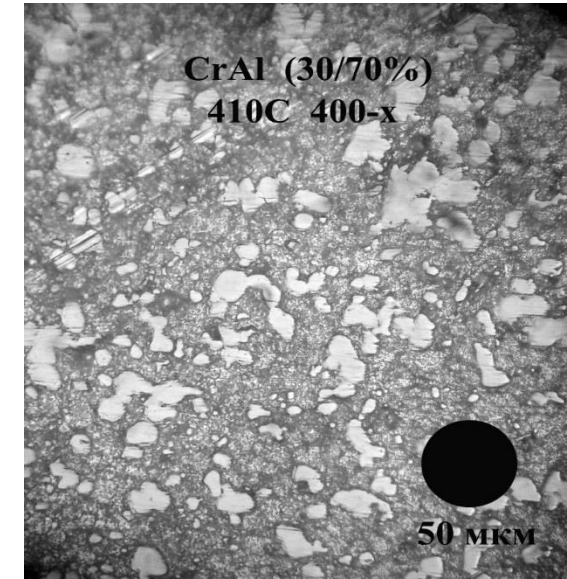
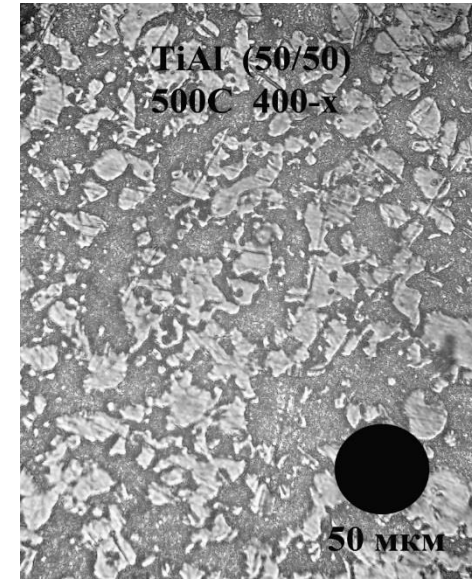
Порошок хрома ПХ1М, увеличение 1000-х.



Порошок кремния, увеличение 1000-х.



Реакция
образования
интерметаллида
 Ti_3Al



Оснастка для групповой обработки

Оснастка для осевого инструмента



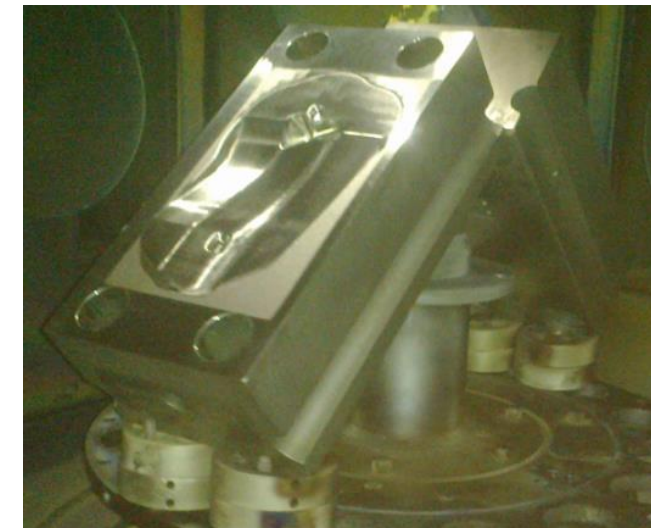
Входящая в состав установки «Кремень-2» технологическая оснастка позволит за одну загрузку обработать до 200-250 единиц осевого инструмента или штампы для производства заготовок деталей.

Общий вес загрузки для обработки достигнет 100-120 кг

Оснастка совершает двойное планетарное вращение, обеспечивая равномерность покрытия по поверхности.

Предусмотрен контроль температуры инструмента для правильной организации технологического процесса.

Штампы для изотермического формообразования



Кооперация

Предполагается организовать тестирование на ведущем предприятии Объединенной двигательной корпорации – ПАО «НПО САТУРН», как по осевому монолитному инструменту так штампам изотермического прессования применяемых в производстве газотурбинной техники

Результаты работ 2021 г

1. Подготовлены технические задания на закупку нестандартных модулей и систем для создаваемого стенда совмещенных технологий, установок медицинского применения «Микромед», упрочнения инструмента и формообразующей оснастки «Кремень-2».
2. Подготовлен эскизный проект на стенд совмещенных технологий (установки «Тандем» и «Импульс»).
3. Разработана основная конструкторская документация на стенд совмещенных плазменных и пучковых технологий (установка «Тандем») и установки «Микромед» и «Кремень-2».
4. Организованы закупочные процедуры по оснащению указанных стенда и установок покупным агрегатами, модулями, измерительными системами, материалами и комплектующими.
5. Разработана модель расчета характеристик токового перехода с поверхности кардиального электрода в ткань для оценки важных показателей импеданса, активного сопротивления, ёмкости, остаточной поляризации, и эффективности передачи электрического заряда. Модель применена при анализе макетных экспериментов.
6. Проведены эксперименты по спеканию макетов композитных испаряемых мишеней из порошков титана, алюминия и кремния. Проведены металлографические исследования полученных мишеней.

Планируемые результаты на 22 г

1. Изготовить модули совмещенных технологий для установок «Тандем» и «Микромед» с системами электрического питания.
2. Собрать и закончить ПНР на установках «Тандем» и Импульс» стенда совмещенных технологий, а установку «Импульс» ввести в эксплуатацию.
3. Изготовить материальную часть, собрать и провести ПНР с установкой медицинского применения «Микромед».
4. Изготовить материальную часть установки упрочняющих покрытий «Кремень-2».
5. Разработать предварительный технологический процесс нанесения биосовместимых покрытий на детали кардиоэлектродов на установке «Микромед».
6. Нанести макетные покрытия на детали кардиоэлектродов и передать их на сборку и испытания в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева, заключив с последним соответствующий договор.
7. Провести испытания компактируемых испаряемых мишеней в условиях, макетирующих их работу в дуговом испарителе, и исследовать поведение мишени при электрических и тепловых нагрузках, а так же свойства получаемых покрытий на образцах.
8. Разработать РКД на автоматизацию создаваемых стенда и установок.

Планируемые результаты на 23-24 г.г

1. Ввод в эксплуатацию стенда совмещенных технологий (установки «Тандем», «Импульс»).
2. Разработка программы исследований на установке «Тандем» и реализация этой программы в части влияния временных и режимных факторов на свойства получаемых тонкопленочных материалов .
3. Ввод в эксплуатацию установки «Микромед» и отладка технологического процесса получения биосовместимого покрытия для кардиальных электродов.
4. Напыление партий деталей электродов для испытаний функциональных характеристик макетов кардиальных электродов.
5. Проведение испытаний макетов электродов по утвержденным методикам и определение функциональных показателей и временных показателей деградации этих свойств.
6. Напыление пробных партий электродов для временной эксплуатации в теле человека для работ НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева
7. Ввод в эксплуатацию установки «Кремень-2» и отладка технологического процесса получения перспективных износостойких покрытий для монолитного твердосплавного осевого инструмента и штампов изотермического формования заготовок деталей из жаропрочных сплавов.
8. Тестирование упрочненного инструмента и штампов в ПАО «НПО Сатурн».
9. Создания участка спекания композитных мишеней сложных составов.