

### **Разработка методики нанесения отражающих покрытий на крупногабаритные оптические изделия различного назначения.**

Вакуумная установка алюминирования зеркала (ВУАЗ-6) представляет собой уникальную крупногабаритную вакуумную камеру диаметром 6 метров и объемом порядка  $80 \text{ м}^3$ , предназначенную для нанесения отражающих покрытий методом термического испарения алюминия в вакууме.

Рабочий объем камеры состоит из двух частей – верхнего, в котором находится поверхность изделия, и нижнего, технологического (Рис.1.). Нижний объем под зеркалом герметизируется от объема над зеркалом резиновым кольцевым уплотнителем по цилиндрической образующей. В нижнем вакуумном объеме расположены разгрузочные элементы Главного зеркала. Вакуумные объемы соединены друг с другом двумя предохранительными клапанами, срабатывающими в случае перепада давления более чем на 15 мм рт.ст.

ВУАЗ-6 состоит из следующих основных компонентов:

- Высоковакуумной части, содержащей 3 криогенных насоса, работающих по циклу Гиффорда-Макмагона, и 3 высоковакуумных затвора гильотинного исполнения с пневматическим приводом. Предельный вакуум в камере обеспечивается на уровне  $3 \times 10^{-6}$  Торр
- Безмасляной форвакуумной линии на основе двухступенчатого роторного насоса «EBARA», позволяющего откачать камеру до давления  $3 \times 10^{-4}$  Торр
- Форвакуумной линии на основе двух насосов ВН6-Г для откачки нижнего объема
- Устройства ионного ассистирования
- Испарительной системы, состоящей из 12 параллельно соединенных сегментов, каждый из которых содержит 19 вольфрамовых спиралей (Рис.2.). На каждую вольфрамовую спираль надевается по 2 алюминиевых гусарика чистотой 99,95 и массой 250мг. Таким образом, общая испаряемая масса алюминия составляет 114 грамм
- Системы управления технологическим процессом на базе LabView

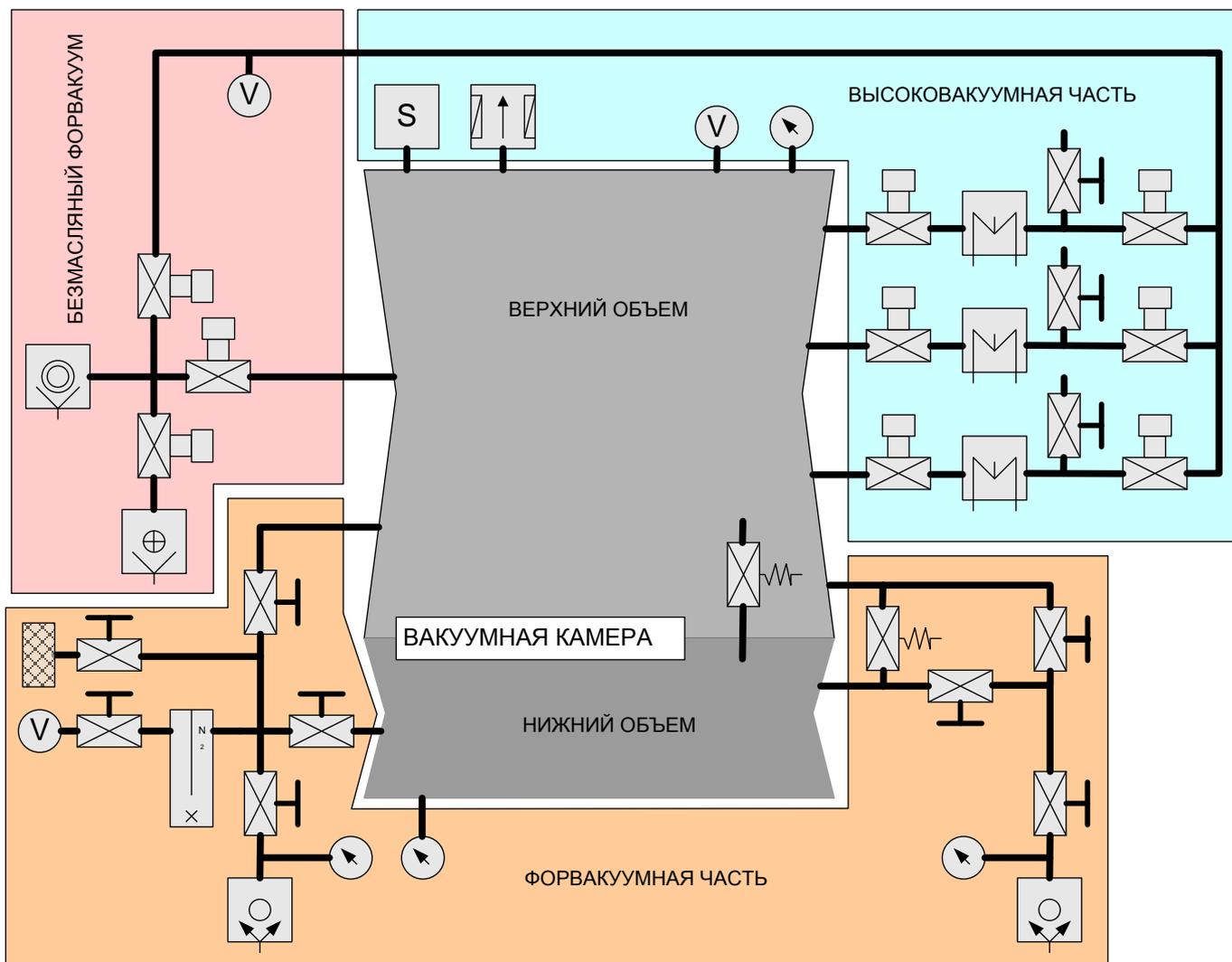


Рисунок 1. Блок-схема вакуумной камеры

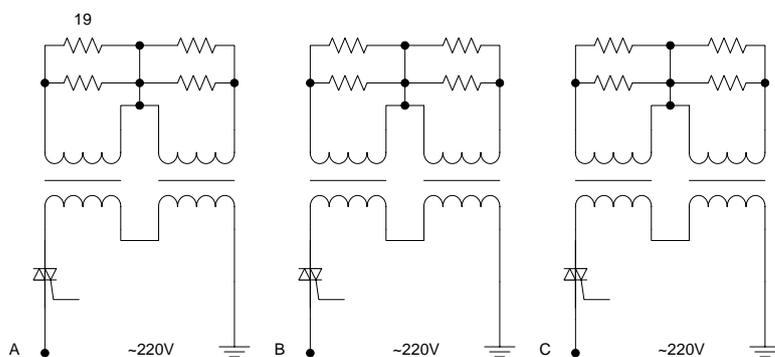


Рисунок 2. Принципиальная схема испарителя ВУАЗ-6

В процессе модернизации камеры ставились (и были реализованы)

#### Технические задачи:

- Обеспечение безмасляного, сухого вакуума на хуже  $10^{-7}$  торр, с минимально возможным натеканием (сухие форвакуумные насосы, криогенные высоковакуумные насосы, гелиевый течеискатель, анализатор состава остаточной атмосферы)
- Создание системы напыления алюминия, способной обеспечить скорость нанесения не ниже  $50 \text{ \AA}/\text{сек}$  с минимальным загрязнением исходного испаряемого материала (модернизация испарителя с целью

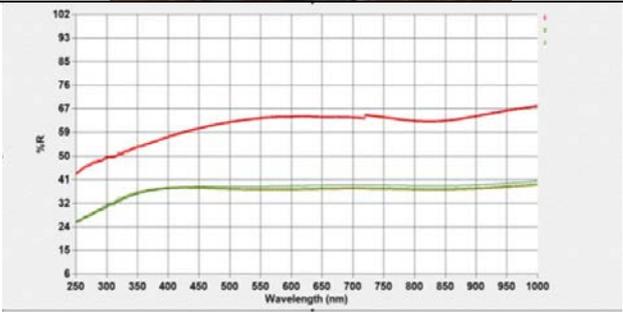
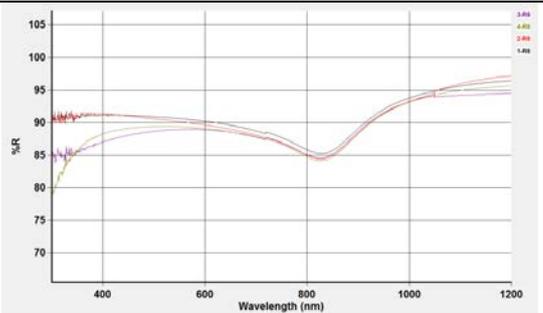
одновременной работы всех сегментов, тиристорное управление током не менее 100А на сегмент)

### Технологические задачи:

- Тщательный подбор параметров ионного источника для очистки поверхности зеркала перед нанесением покрытия с целью улучшения адгезии.
- Отработка технологии напыления алюминия с требуемым коэффициентом отражения в диапазоне длин волн 400-800 нм.
- Минимизация (отсутствие) капель алюминия на поверхности ГЗ.

Этапы модернизации камеры ВУАЗ-6 проиллюстрированы в таблице

	БЫЛО	СТАЛО
испаритель		
пульт/шкаф управления		

насос высоковакуумный		
насос форвакуумный		
К отражения при $\theta^0$		

В результате оптимизации технологического процесса в течение семи тестовых напылений удалось создать воспроизводимый техпроцесс без участия оператора, удовлетворяющий указанным требованиям со следующим набором параметров:

- толщина слоя Al – 80 - 100нм
- общее время нанесения – 25сек
- средняя скорость нанесения  $\approx 40 \text{ \AA}/\text{сек}$ .
- чистота Al - (99,95)
- плазма –  $P=2 \times 10^{-2} - 8 \times 10^{-3} \text{ Торр}$ ;  $U=0,8-1,2 \text{ КВ}$ ,  $I=500\text{mA}$ , энергия ионов до 100 – 200 эВ

Образцы-свидетели были исследованы на профессиональном спектрофотометре Cary 300 НПО «Луч» в начале декабря 2018. Результат представлен на соответствующем графике. Особенно хочется подчеркнуть воспроизводимость кривых отражения четырех тестовых образцов-свидетелей, симметрично расположенных по внешней образующей зеркала. Такой результат свидетельствует о высокой однородности покрытия по всей площади ГЗ.

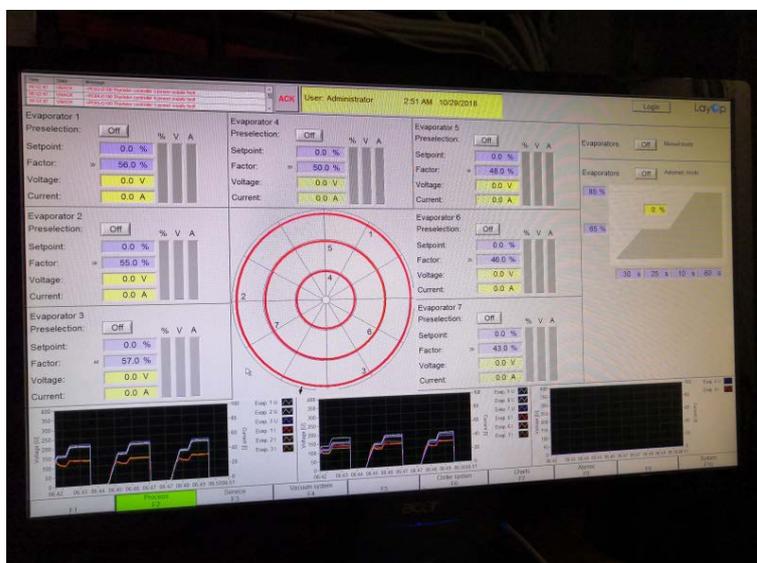


Рисунок 3. Интерфейс панели управления

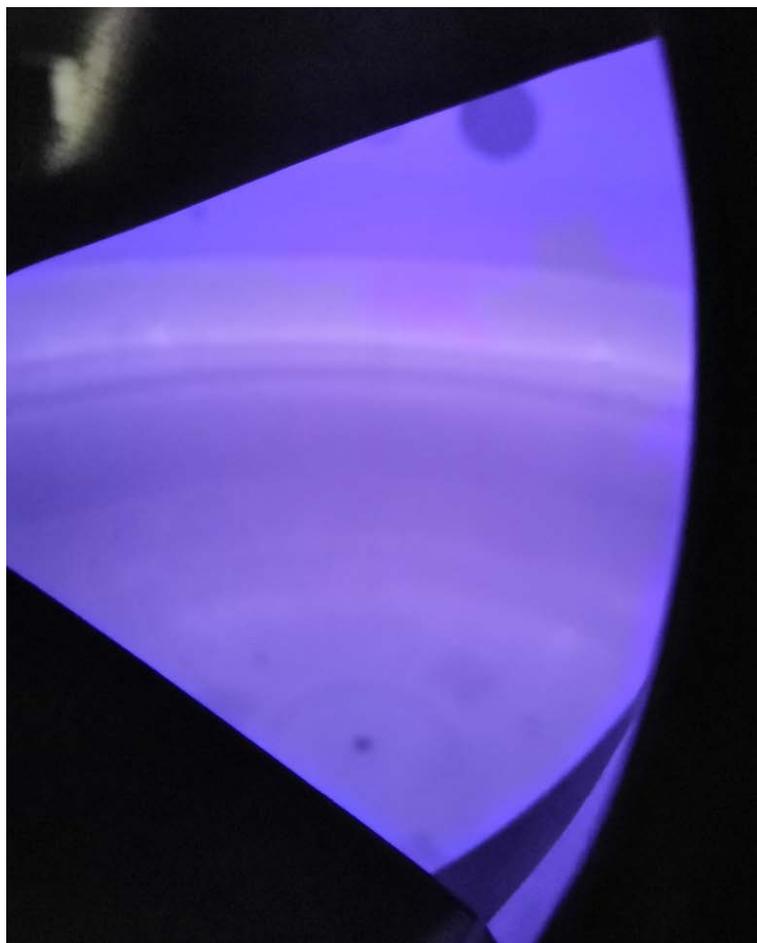


Рисунок 4. Стабильно горящая плазма



Рисунок 5. Коэффициент отражения эталонного образца на длине волны 640нм



Рисунок 5. Коэффициент отражения ГЗ БТА

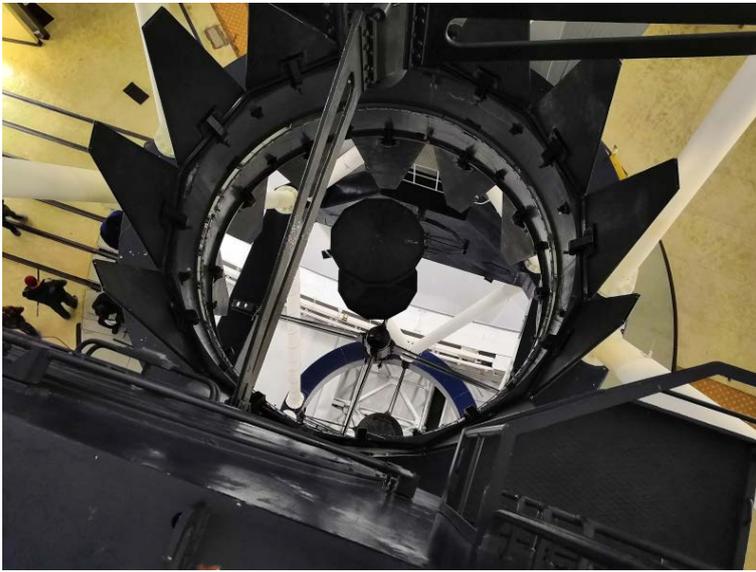


Рисунок 6. Зеркало на телескопе

Дальнейшие пути развития:

- *Доработка комплекса управления вакуумной камерой (включая визуализацию процессов), что позволит в автоматическом режиме обеспечить выход камеры на требуемый (и предельный) вакуум, добиться воспроизводимости результата, что в камерах такого объема является принципиальным условием, поскольку экспериментальным путем добиться необходимых параметров очень ресурсоемка – каждая загрузка камеры стоит порядка 300 т.р.*
- *Модернизация блока управления и контроля тлеющего разряда или ионного ассистирования. Позволит улучшить адгезию и плотность осаждаемых покрытий. Проведение процесса с ассистированием ионами аргона позволит контролировать стехиометрию формируемых пленочных структур, что приведет к существенному уменьшению поглощения, рассеяния и шероховатости пленок, повышению твердости и стойкости к истиранию.*
- *Оснащение камеры комплексом системы «ТОРСОАТ» для осаждения защитного покрытия на полимерной основе из газовой фазы. Позволит защитить поверхность Главного зеркала от механического воздействия, позволит увеличить интервал переалюминирования в 2-3 раза, что благотворно скажется на самом изделии, т.к. уменьшится химическое воздействие на поверхность ГЗ.*
- *Оснащение камеры комбинированным комплексом для контроля наносимых покрытий на базе фотометрических методов измерения толщин тонких пленок. Обеспечит возможность контроля наносимого покрытия в реальном масштабе времени «in situ», что позволит добиться требуемых параметров отражающего слоя в нужном диапазоне длин волн электромагнитного излучения. Фотометрический метод позволяет контролировать и оптические постоянные слоя. В методе контроля толщины слоя на существующем уровне развития техники легко реализуется автоматическое окончание осаждения слоя, что позволяет исключить ошибку оператора. Наиболее универсальной*

*системой контроля можно считать схему, позволяющую проводить автоматический контроль осаждения, с использованием двух источников излучения и двух пар фотоприемников, реализующую одновременный контроль коэффициентов пропускания и отражения на двух длинах волн или коэффициентов пропускания, отражения и обратного отражения на одной длине волны.*

**Выводы:**

Результатом десятилетней модернизации методики нанесения отражающих покрытий в камере ВУАЗ-6 и на вспомогательной малой вакуумной установке УВН-71 является лучшая алюминиевая пленка на поверхности ГЗ БТА за всю историю существования камеры ВУАЗ-6, что подтверждено характеристиками коэффициента отражения в разных точках ГЗ и запротоколировано соответствующим актом.

СЭК БТА, ЛА

ноябрь, 2018