

## Новые российские вакуумные установки для нанесения твердых покрытий серии ВАТТ

А.А.Бикташев, В.А.Глинкин  
Казань, ЗАО ФЕРРИ ВАТТ, ул. А.Кутуя, 159  
E-mail: [info@magnetron.ru](mailto:info@magnetron.ru)

Современное производство невозможно представить без использования покрытий, получаемых в вакууме, на самых разнообразных изделиях, от бытового до промышленного назначения. В последнее десятилетие неуклонно возрастает роль так называемых твердых вакуумных покрытий, т.е. покрытий, обладающих высокой твердостью, износостойкостью и обеспечивающих улучшение целого ряда других физико-механических и химических свойств поверхности покрываемых изделий. Вначале твердые покрытия представляли собой однослойные покрытия из нитридов, карбидов и оксидов металлов, предназначенных в основном для декоративных целей и упрочнения режущих кромок инструментов. В последнее десятилетие твердые покрытия все чаще используются для улучшения свойств различных деталей машин – автомобильных и авиационных двигателей, паровых и газовых турбин и т.д.

Повышение требований к покрытиям заставляет применять многослойные покрытия на основе сверхтонких слоев и слоев с заполнением нанокристаллическими образованиями. Такие покрытия обычно называют наноструктурированными. Расширение сферы применения наноструктурированных покрытий в различных отраслях машиностроения является одной из важнейших задач отечественной промышленности. Для расширения применения новых видов покрытий необходимо развитие не только технологии, но и промышленного оборудования для их нанесения.

Последнее десятилетие одним из ведущих предприятий России, занимающихся проектированием и производством вакуумных установок различного назначения, является ЗАО «ФЕРРИ ВАТТ», г.Казань. Разработано и изготовлено большое количество напылительных установок, предназначенных для нанесения декоративных, защитных, упрочняющих покрытий на стекло, металлы, пластмассу, керамику; интерференционных, поглощающих солнечную энергию и т.д.[1]. Предприятие активно сотрудничает со всеми сторонами, заинтересованными в развитии вакуумной техники и её применении.

Кратко рассмотрим, что же предлагается для получения подобных покрытий ведущими мировыми производителями – Hauzer (Рис.1) и Platit (Рис.2).

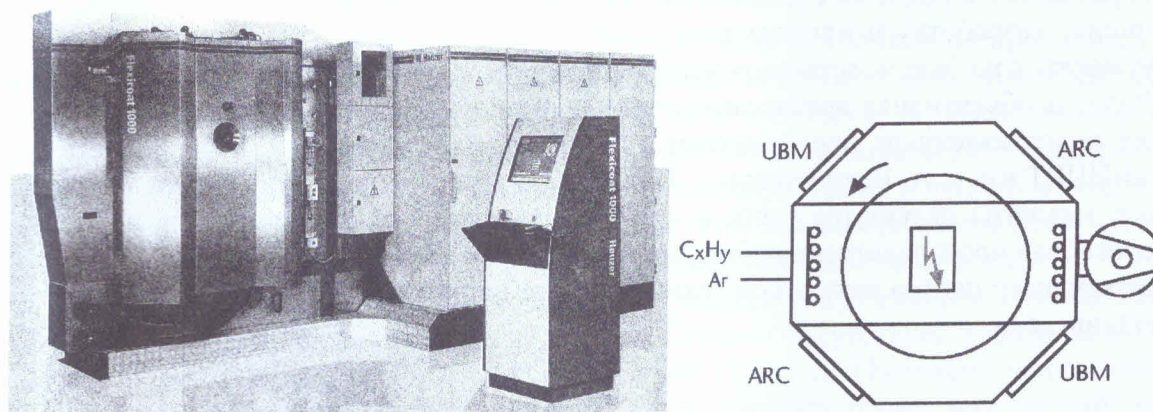


Рис. 1. Установка фирмы Hauzer [2].

Установки фирмы Hauzer имеют камеры шести – восьмигранной формы, с одной или двумя дверями для загрузки изделий. На гранях камеры размещаются разбалансированные магнетроны, с возможностью установки дополнительных электромагнитных систем, обеспечивающих высокую плотность плазмы во всем объеме камеры, и круглые планарные дуговые испарители. Такая конструкция обеспечивает получение градиентных, многослойных и некоторых типов нанокompозитных покрытий. Вакуумная система строится на основе турбомолекулярных насосов, размещаемых на одной из неподвижных граней камеры. Установка в целом размещается на единой раме, что обеспечивает возможность транспортировки заказчику в полностью собранном виде в стандартном контейнере.

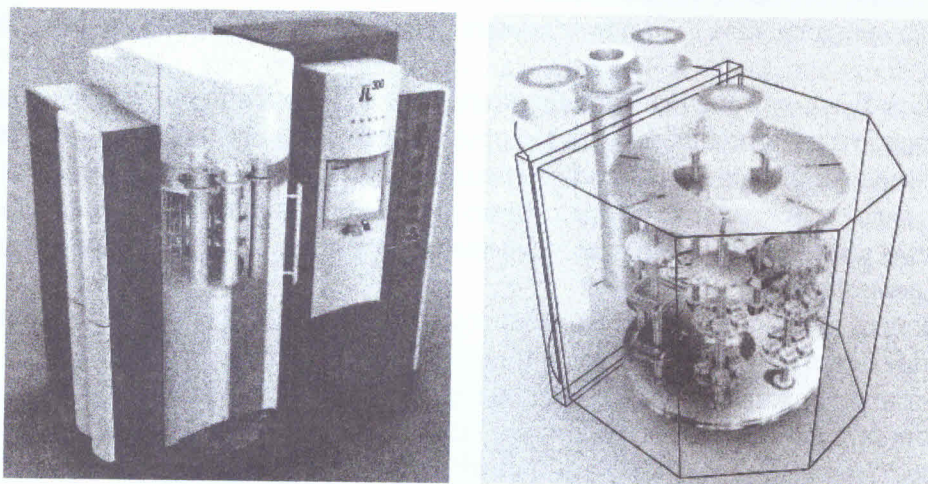


Рис.2. Установка фирмы Platit.[3]

Установки фирмы Platit имеют камеры сложной многоугольной формы с одной дверью для загрузки изделий. Используются цилиндрические вращающиеся дуговые испарители с магнитной стабилизацией дугового разряда. Испарители размещаются в крышке камеры, а также испаритель может размещаться в центре камеры. Такая компоновка позволяет наносить покрытия любого типа. Все три катода осаждают свои компоненты на одну и ту же поверхность одновременно, что очень важно для получения многих типов нанокompозитных (3D) покрытий. Главное неудобство заключается в сложности конструкции катодов, которые трудно изготовить самостоятельно и приходится приобретать только у производителя. Система откачки строится на основе турбомолекулярных и безмасляных форвакуумных насосах. Все оборудование установок также размещается на единой раме и не разбирается при транспортировке.

Аналогичную концепцию построения установок представляют и ряд других известных мировых производителей, например фирма Balzers [4]. Установки всех ведущих мировых производителей оснащаются автоматической, легко перенастраиваемой системой управления.

Установки отечественных производителей, позиционируемые как установки для осаждения твердых покрытий, как правило, имеют малые размеры камер, узко специализированы и трудно перенастраиваемы.

На основе анализа тенденций развития наноструктурированных покрытий и лучших образцов современного вакуумного технологического оборудования были выработаны критерии, определяющие конструкцию современной установки для нанесения покрытий.

1. Камера установки должна быть изготовлена из немагнитного материала, вертикального исполнения, 6-8-гранного поперечного сечения или в виде линии, прямоугольного сечения. Камера в виде многоугольника обеспечивает удобство размещения как активных элементов – магнетронов, дуговых испарителей, ионных источников, так и вспомогательных элементов – системы распределенного напуска газа, дополнительных анодов, заслонок, внутренних тепловых экранов и даже более эффективной системы охлаждения корпуса (Рис. 3).

2. Возможность установки любых активных элементов – разбалансированных магнетронов, планарных дуговых испарителей с магнитным удержанием и ионных источников, по всему периметру камеры в любой последовательности.

3. Возможность удобного размещения вспомогательных элементов - системы распределенного напуска газа, дополнительных анодов, заслонок, внутренних тепловых экранов.

4. Должна быть обеспечена возможность подачи потенциала на изделия для обеспечения обработки в тлеющем разряде, проведения ионной очистки, при совместной работе с катодами, и смещения при осаждении покрытия.

5. Должно быть обеспечено эффективное охлаждение корпуса установки.

6. Система крепления деталей должна иметь механизм планетарного вращения, для установок периодического действия.

7. Установка должна иметь систему автоматического управления, с использованием современных систем измерения давления и регуляторов расхода газа.

8. Установка должна быть построена на платформе, позволяющей использовать все существующие технологические приемы нанесения как наноструктурированных, так и более простых покрытий различного назначения. Она должна полностью размещаться на одной силовой раме и обеспечивать транспортировку без разборки.

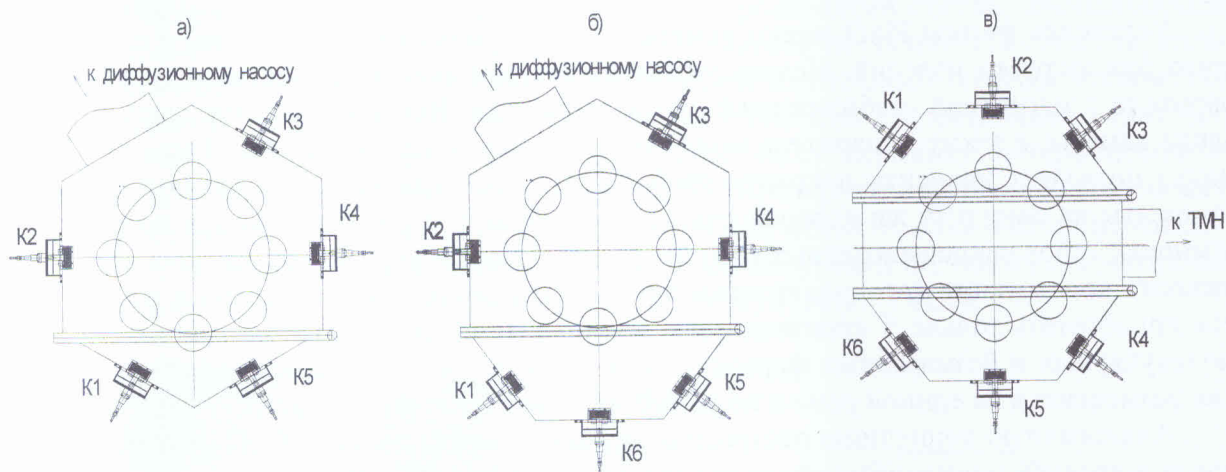


Рис. 3. Варианты сечений камеры установки периодического действия.

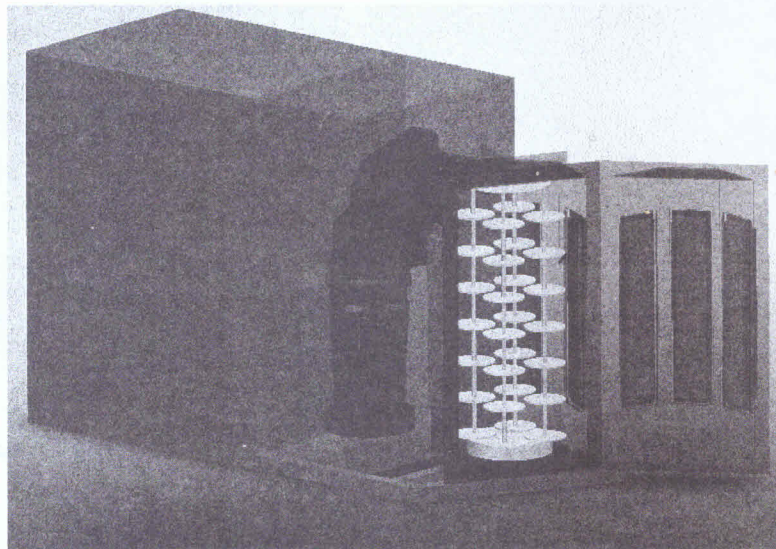
K1-K6 – магнетроны, дуговые испарители или ионные источники.

а) камера для получения многослойных и градиентных покрытий, с откачкой диффузионным насосом и одной дверью камеры; б) камера для получения всех типов покрытий, с откачкой диффузионным насосом и одной дверью камеры; в) камера для получения всех типов покрытий, с откачкой турбомолекулярными насосами и двумя дверями камеры.

Применение одной или двух дверей у камеры определяется не только удобством разгрузки камеры, но и типом применяемых высоковакуумных насосов. Применение двух дверей у камеры, на наш взгляд, оптимально только в случае использования ряда турбомолекулярных насосов, равномерно расположенных по высоте камеры. При использовании диффузионных насосов целесообразно обходиться одной дверью, что связано с необходимостью использования патрубка большого диаметра, который занимает большую часть периметра, и создает неудобства для размещения второй двери.

Размеры рабочего объема камеры (зоны эффективного осаждения) должны быть 700-900 мм по вписанному диаметру и 1500 и менее по высоте. При таких размерах еще не так сложно обеспечить равномерность газового состава и плотности плазмы по объему камеры. Если требуется меньшая производительность, то можно уменьшать высоту камеры, не меняя ее сечение, что позволит упростить масштабный переход технологии.

Установка должна быть построена на платформе, позволяющей использовать все существующие технологические приемы нанесения как наноструктурированных, так и более простых покрытий различного назначения. Она должна полностью размещаться на одной силовой раме и обеспечивать транспортировку без разборки (разборка установки, транспортировка ее по частям и дальнейшая сборка ее у заказчика требует больших затрат времени и ресурсов, зачастую сопоставимых с самим производством) (Рис.4).



*Рис. 4. Вариант концепции установки ВАТТ для нанесения нанокompозитных покрытий, на основе диффузионного насоса*

Установка должна быть полностью автоматизирована и использовать современные образцы измерительного и откачного оборудования, по возможности отечественного производства. Несмотря на все преимущества использования турбомолекулярных насосов для высоковакуумной откачки камеры, вариант с использованием диффузионного насоса и одной загрузочной двери камеры значительно более экономичен, и такая конструкция, видимо, будет пользоваться большим спросом в России.

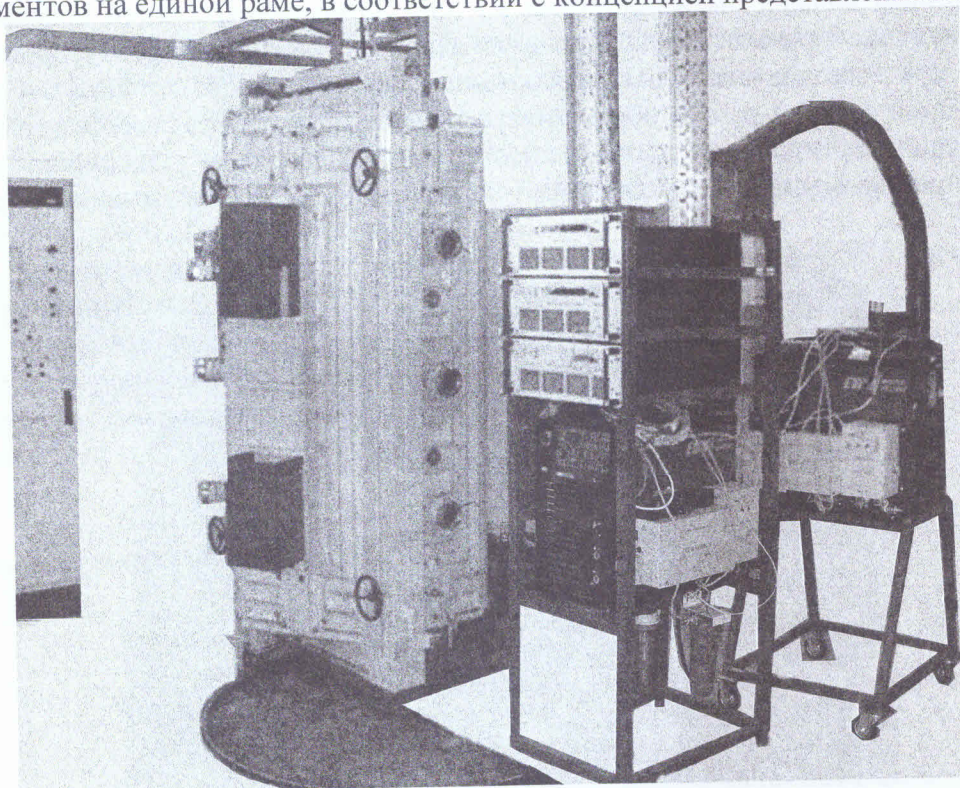
ЗАО «ФЕРРИ ВАТТ» была разработана и изготовлена установка для нанесения различных упрочняющих покрытий Ду 900 мм [5]. Камера установки шестигранной формы, изготовлена из нержавеющей стали, вертикального исполнения. Конструкция боковых панелей камеры позволяет установить как системы дугового испарения, маг-

нетронные системы распыления, так и ионные источники. Такая камера удовлетворяет всем требованиям, изложенным выше (Рис.5).

Установка оснащена современными инверторными источниками питания и смещения, имеет систему управления, обеспечивающую как ручной, так и автоматический режим работы. Используются современные приборы контроля давления и регуляторы расхода газа. Для крепления изделий использована система планетарного вращения, с вводом вращения, расположенным в верхней крышке камеры.

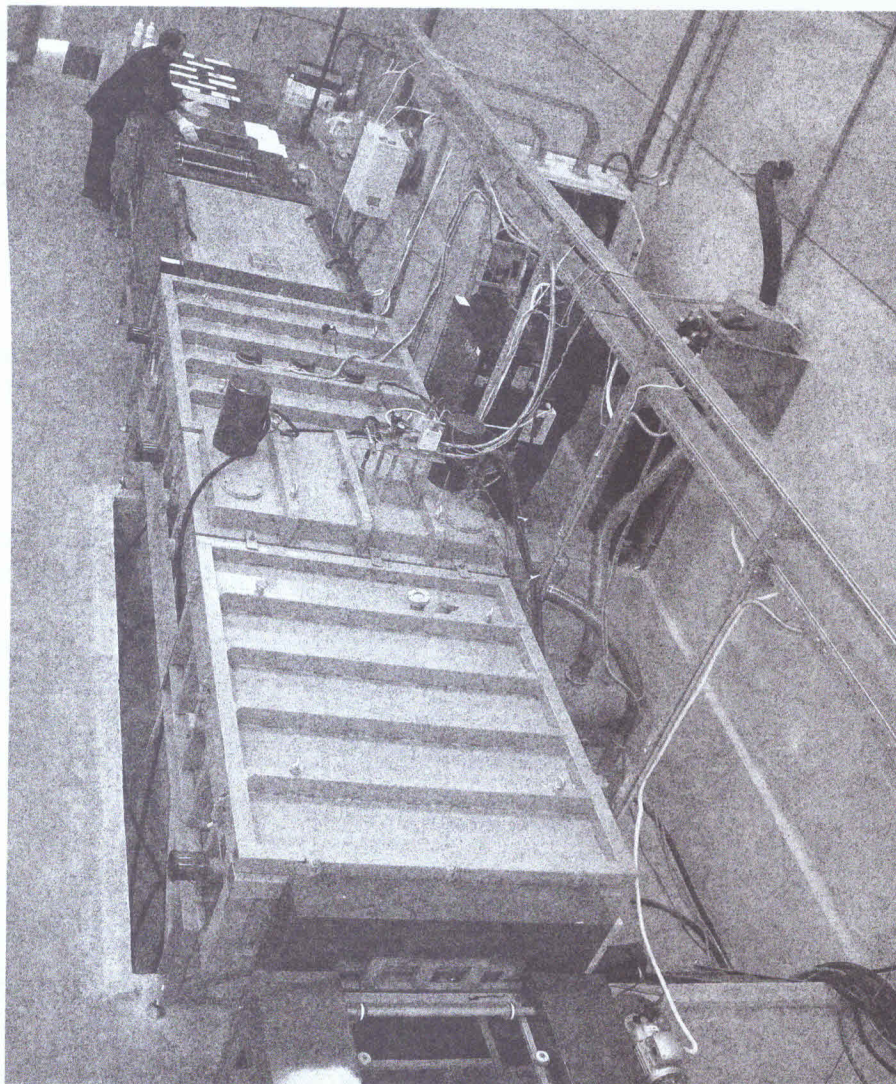
В целом, данная установка является промежуточным этапом к созданию современной универсальной установки для нанесения наноструктурированных покрытий, позволившей разработать новую конструкцию вакуумной камеры, которая полностью оправдала возлагавшиеся на нее надежды.

В настоящее время ведутся работы по изготовлению установки с размещением всех элементов на единой раме, в соответствии с концепцией представленной на рис.4.



*Рис.5. Установка ВАТТ 900-3Д*

Другой подход к построению установки для нанесения твердых покрытий - в виде линии был воплощен в установке ВАТТ 600x1200-ЭД (рис.6) [6]. Установка состоит из трех модулей, составляющих один вакуумный объем – модуль загрузки, модуль напыления и модуль выгрузки, а также камеры для прогрева изделий. Вакуумная камера ограничена по концам быстродействующими пневматическими затворами, через которые производится загрузка и выгрузка кассеты с подложками. Модуль напыления имеет два универсальных фланца для монтажа источников любого типа – планарных катодов, магнетронов, ионных источников и т.п. По сути это базовая модель установки проходного типа, которая может быть модернизирована присоединением дополнительных модулей обработки и шлюзов. В модуле загрузки производится дополнительный нагрев подложек и обработка в тлеющем разряде.



*Рис. 6. Установка ВАТТ 600x1200-ЭД*

В модуле напыления происходит нанесение покрытия на основе металлов и их соединений с помощью планарного электродугового распылителя с инверторным источником питания с встроенной системой контроля перемещения дуги. Предусмотрено место для монтажа еще одного дугового испарителя, магнетрона или ионного источника. Количество модулей напыления может быть увеличено.

В модуле выгрузки производится пассивация покрытия в тлеющем разряде.

Оснащение и возможности установки:

1. В первоначальной комплектации - один планарный дуговой испаритель с инверторным источником питания с встроенной системой контроля перемещения дуги. Обеспечивается двунаправленное движение катодного пятна. Ток разряда до 400 А на каждом катоде.

2. Нагреватель подложек на основе ТЭНов.

3. Электроды тлеющего разряда с блоком питания в модуле загрузки и модуле выгрузки.

4. Механизм перемещения кассет с датчиками положения кассеты.

5. Два канала подачи рабочих газов на основе регуляторов массового расхода, позволяют поддерживать заданную пропорцию и общее давление рабочих газов.

6. Дополнительные водоохлаждаемые накальные аноды, позволяющие решить проблему «исчезающего анода», и трубки газораспределения.

7. Система управления позволяет в автоматическом режиме проводить все виды обработки подложек и наносить покрытия, состоящие из слоев на основе чистых металлов и их соединений. Загрузка производится автоматически при наличии кассеты на столе загрузки.

#### Литература.

1. Бикташев А.А., Глинкин В.А., Желонкин О.В., Ляпин А.П. Установки нанесения покрытий ЗАО «ФЕРРИ ВАТТ» // Труды 8-й международной конференции «Пленки и покрытия – 2007, С.Пб.:Изд.политехн.ун-та, 2007, -С.68-70.
2. Материалы сайта [www.hauzer.nl](http://www.hauzer.nl)
3. Материалы сайта [www.platit.com](http://www.platit.com)
4. A. Schutze, V. Derflinger, A. Reiter, R. Schmid, and D.T. Quinto. Design and Operation of Modern PVD Coating Machines // Proc. Of 46th Annual Technical Conference Proceedings SVC, 2003, p. 546-549
5. Бикташев А.А., Глинкин В.А., Желонкин О.В. Установка «ВАТТ 900-3ЭД». //Сборник докладов Харьковской нанотехнологической ассамблеи-2008, т1, Харьков, 2008, С.277-281.
6. Бикташев А.А., Глинкин В.А., Желонкин О.В. Установка «ВАТТ 600x1200-ЭД». //Сборник докладов Харьковской нанотехнологической ассамблеи-2008, т1, Харьков, 2008, С.282-283.

### **Четырехпозиционная вакуумная установка для нанесения многослойных и многокомпонентных пленок магнетронным распылением**

***В.В. Одинок***  
***Москва, Зеленоград, ОАО НИИТМ***  
***E-mail: [vodinokov@niitm.ru](mailto:vodinokov@niitm.ru)***

Разработана вакуумная установка со шлюзовой загрузкой для проведения различных процессов нанесения тонких и толстых пленок толщиной от 0,1 до 5 мкм на подложки диаметром от 60 до 200мм, а также квадратных или прямоугольных размером от 30x30мм до 200x200мм (рис. 1).

Установка имеет четыре рабочих позиции:

- первая позиция шлюзования и нагрева;
- вторая позиция ионной очистки поверхности подложек;
- третья позиция магнетронного распыления материалов из трех мишеней малого диаметра;
- четвертая позиция магнетронного распыления материалов из одной мишени большого диаметра.

Первая позиция нагрева содержит два нагревателя на основе двух инфракрасных ламп мощностью по 1квт каждая. Для фокусирования теплового потока на подложки нагреватели содержат охлаждаемые отражатели светового потока. В процессе