

Плазменные технологии

Плазма – это ионизированный газ, содержащий ионы, электроны, атомы и нейтральные частицы – четвертое состояние вещества. При прохождении газа через электрический разряд, нейтральные атомы расщепляются на заряженные ионы. Плазму можно увидеть невооруженным глазом: она меняет свой цвет от бело-голубого до темно-пурпурного, в зависимости от типа газа. Каждый из нас не раз сталкивался с этим четвертым состоянием: пламя огня или вспышка молнии ни что иное, как атмосферная плазма, солнце, согревающее нас, является огромным сгустком разряженного газа (плазмы).



Качество и свойства плазмы зависят как от типа газа, так и от частоты источника возбуждения (переменного или постоянного тока). Свойства плазмы регулируются за счет подбора параметров процесса (типа газа, длительности обработки, давления, мощности, частоты), что впоследствии определяет области применения.

Газовый состав атмосферного воздуха довольно сложен, в нем также содержатся различные твердые частицы (пыль, копоть и т.п.), контролировать свойства такого разряженного газа (атмосферной плазмы) довольно сложно. Для подконтрольного и качественного создания плазмы процесс проводят в вакууме (10^{-2} ... 10^{-3} мбар): из емкости/камеры с помощью вакуумного насоса откачиваются весь воздух, после заполняют ее необходимым газом и подают электрический разряд. Таким образом, создается плазма низкого давления.

Плазменные технологии в настоящее время широко используются для очистки и модификации различных поверхностей: изменяя только поверхностные свойства, они не затрагивают структуру материала. Плазменная обработка, как правило, приводит к увеличению свободной энергии поверхности (СЭП) материала, что, в свою очередь, приводит к улучшению смачиваемости и адгезии этой поверхности.

В основе действия плазмы на поверхность лежит три механизма:

1. Механическое воздействие;
2. Химические реакции;
3. УФ-облучение.

Во время бомбардировки микроскопические струи разреженного газа снимают с поверхности загрязненный слой, отдельные нежелательные ионы за счет простого механического действия.

С другой стороны, газ можно подобрать таким образом, что его ионы будут вступать в химическую реакцию с определенными веществами поверхности, тем самым изменяя ее свойства.

В результате УФ-излучения происходит разрыв молекулярных цепочек углеродных соединений, что также приводит к изменению свойств.

Типы плазменной обработки:

- Очистка
- Активация
- Травление
- Нанесение покрытия

Плазменные технологии применяются в тех случаях, если необходимо соединить различные материалы или целенаправленно изменить их поверхностные свойства. Могут обрабатываться как чистые материалы, так и комбинированные.

В настоящее время плазма широко применяется с такими материалами, как:

- полимеры и пластики,
- керамические покрытия,
- металлообработка,
- текстиль.

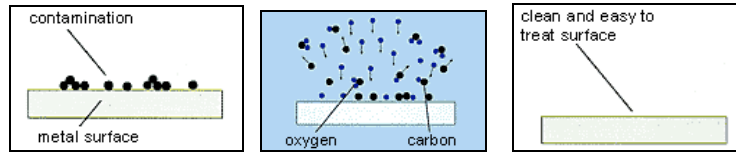
Серьезных ограничений по свойствам материалов нет, главное, чтобы они не выделяли газ (или выделяли его в очень небольшом количестве), особенно это касается плазмы низкого давления.

Типы плазменной обработки

1. Очистка

За счет ионной бомбардировки поверхность очищается физически, кроме того, возможно протекание химической реакции между газом и загрязняющим веществом. Частицы и молекулы загрязнителя переходят в газовую фазу, и отсасываются вытяжным устройством.

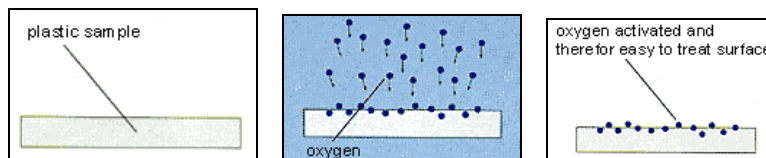
- Удаление жиров, масел, окислов и силиконов
- Предварительная обработка перед микросваркой, пайкой или склеиванием
- Предварительная обработка металла перед нанесением лакового покрытия



2. Активация

Образование свободных радикалов на обрабатываемой поверхности за счет обработки ее с помощью кислорода приводит к формированию химически активного поверхностного слоя. Время обработки составляет порядка 1-5 мин. На такой активированной поверхности легче удерживаются лаковые и клеящие покрытия.

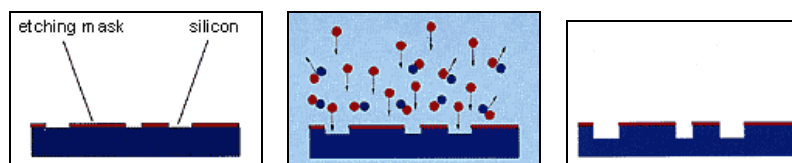
- Предварительная обработка пластмассовых деталей перед склеиванием
- Обработка пластика перед нанесением лакового покрытия
- Предварительная обработка перед нанесением печати



3. Травление

При длительной обработке поверхности (более 5 мин) поверхностный слой удаляется, что приводит к структурированию и увеличению поверхности, а это, в свою очередь, способствует более надежному сцеплению покрытия с поверхностью. Материал поверхности в местах обработки переходит в газовую фазу, и отсасывается насосом.

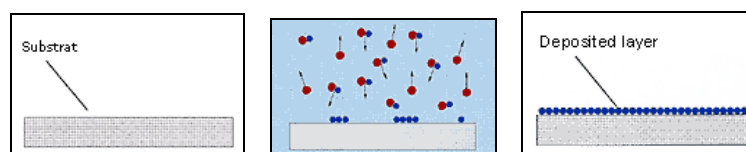
- Обработка синтетических материалов, эластомеров, полупроводников
- Обработка высокотемпературных пластмасс (PFTE, PFA, FEP) перед склеиванием
- Структурирование кремния



4. Нанесение покрытий

С помощью подбора необходимого газа (гексаметил-ди-силоксан, гексаметил-ди-силазан, диметилловый эфир тетраэтиленгликоля и т.п.) можно полимеризовать поверхность, осадив этот газ тонким слоем на поверхности.

- Осаждение гидрофобного слоя
- Осаждение гидрофильного слоя
- Предотвращение диффузии



Атмосферная плазма

Если газовый поток пропустить через электрическую дугу при атмосферном давлении, то он превращается в плазму, атмосферную плазму. При дуговом разряде в атмосферном воздухе образуются оксиды азота, поэтому с данным типом плазмы необходимо работать при наличии вытяжки.

В установках атмосферной плазмы создается активная газовая струя, относящаяся к группе нетермических плазм (200-300°C), поток плазмы должен находиться в непрерывном движении относительно обрабатываемой поверхности. В процессе обработки температура поверхности повышается на 15-20°C. Кроме скорости обработки существенным является расстояние между плазменным соплом и обрабатываемой поверхностью.



Активная газовая струя, выходящая из сопла горелки, свободна от потенциала высокого напряжения, поэтому ограничений при выборе обрабатываемого материала нет. С помощью этой технологии можно обрабатывать как электропроводящие, так и изоляционные материалы. Благодаря чему установка атмосферной плазмы **PlasmaBean** применяется электронной промышленности:

- очистка контактных площадок при микросварке проволочных соединений;
- очистка и активация ЖК-мониторов перед термосваркой;
- активация поверхностей чипов перед печатью.

Благодаря содержащимся в газовой струе радикалам с помощью атмосферной плазмы можно проводить тонкую очистку поверхностей и их активацию. Атмосферную плазму применяют при работе с пластмассами, керамикой, стеклом, металлами и комбинированными материалами для решения следующих задач:

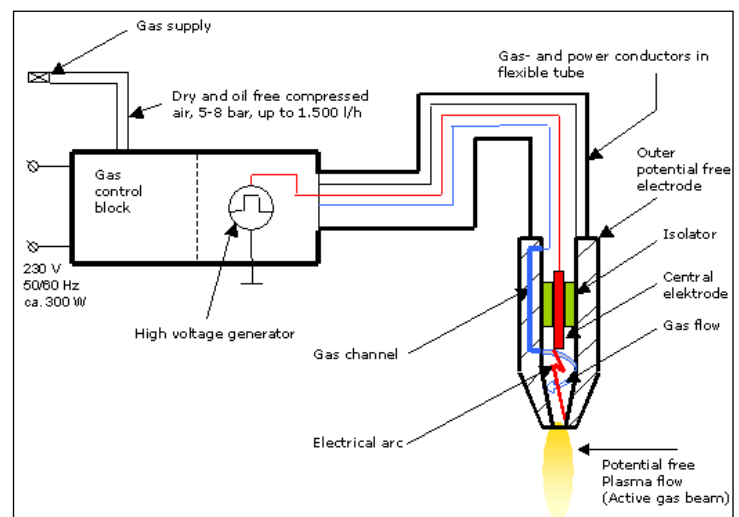
- склеивания;
- микросварки;
- сварки;
- пайки;
- печати;
- нанесении покрытий.

Технология атмосферной плазмы реализована в установке **PlasmaBean**. Данная установка обеспечивает стабильно высокое качество обработки даже при высоких скоростях, поэтому может также использоваться в производственном процессе («In-Line»).

Принцип действия атмосферной плазменной установки основан на трех основных узлах:

1. Генератора плазмы
2. Блока питания
3. Системы подвода газа

Система газового контроля следит за технологическим (для производства плазмы) и охлаждающим газовыми потоками, поступающим в установку. Далее газ подается в зону разряда (в плазменный элемент). С другой стороны, генератор высокого напряжения преобразует сетевое напряжение (220 В) в напряжение до 10 кВ, необходимое для электрического разряда. Газ проходит через электрическую дугу, образуются активные частицы (ионы, электроны, радикалы), которые и выносятся потоком воздуха из зоны разряда. С помощью сопла горелки этот поток фокусируется на определенном участке обрабатываемой поверхности.



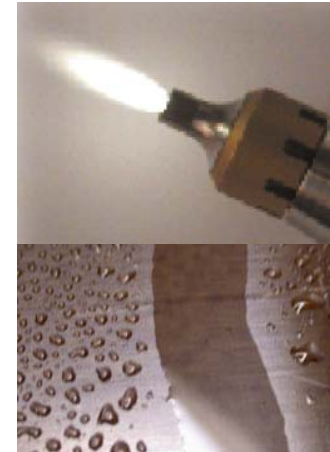
PlasmaBeam

PlasmaBeam – атмосферный плазменный процессор для очистки и активации поверхностей. Данная установка обеспечивает стабильно высокое качество обработки даже при высоких скоростях, поэтому может также использоваться в производственном процессе («In-Line»). Скорость обработки может составлять от нескольких сантиметров в минуту, например, при тонкой очистке металлов, до 30-40 метров в минуту, при активации полимеров. Использование сжатого воздуха уменьшает производственные расходы. Современный блок питания занимает относительно небольшую площадь.



Технические данные:

Ширина обрабатываемой полосы:	12 мм
Плазменный элемент:	
- диаметр	32 мм
- длина	210 мм
- вес	0,5 кг
- длина рукава	3 м
Генератор:	
- частота	20 кГц
- мощность	300 Вт
Блок питания:	
- габаритные размеры	562 x 211 x 420 мм
- вес	20 кг
- питание	220 В / 50 Гц
Рабочие режимы:	
- ручной	кнопка «ON» / «OFF»
- полуавтоматический	удаленный контроль



Области применения:

- медицинская техника
- стерилизация
- текстильная промышленность
- полупроводниковая техника
- обработка пластмасс
- археология

Данная установка применяется как для научно-исследовательской работы, так и для мелкосерийного производства. Плазменный процессор можно встроить в производственные линии с полной автоматизацией.

Плазма низкого давления

Если предварительно из емкости откачать весь воздух (создать низкий вакуум), а после подать необходимый газ и создать электрический разряд, то получится плазма низкого давления, свойства которой можно контролировать. Плазма низкого давления образуется в областях давлений от 0,1 до 10 мбар.

Поскольку работы проводятся в вакууме, расход газа очень незначительный. При использовании для обработки поверхностей ядовитых и фторсодержащих газов на вентиляционную систему камер устанавливаются фильтры для очистки отработанного газа. Воспламеняющиеся газы разбавляются до состояния ниже уровня воспламенения. В процессе эксплуатации насосная система промывается. Если и существуют какие-то выбросы в атмосферу, то в силу вышеописанного, они незначительны. Плазма низкого давления создается в закрытых пространствах (камерах), возникающее излучение поглощается стенками камеры и не попадает в окружающую среду, поэтому опасности для человека нет.

Используемые газы:

- Кислород
- Водород
- Аргон
- Азот
- Фторсодержащие газы и их смеси

Использование плазмы низкого давления открывает широкий спектр возможностей для модификации поверхностей. Эта технология применяется там, где необходимо соединить различные материалы или целенаправленно изменить свойства поверхностей.

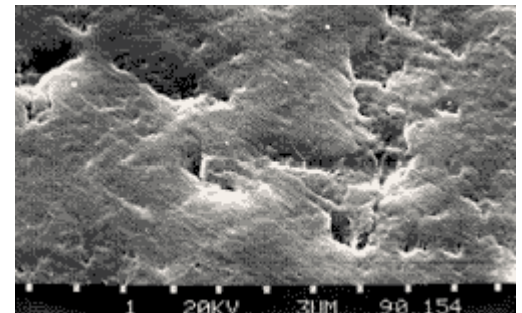
- тонкая очистка загрязненных элементов конструкции;
- плазменная активация пластмассовых деталей;
- травление тефлона, кремния;
- нанесение тефлоновых покрытий на пластмассовые элементы и др.

Обрабатывать можно как целое изделие, так и отдельные его части при использовании специального трафарета, который позволяет защитить отдельный фрагмент поверхности.

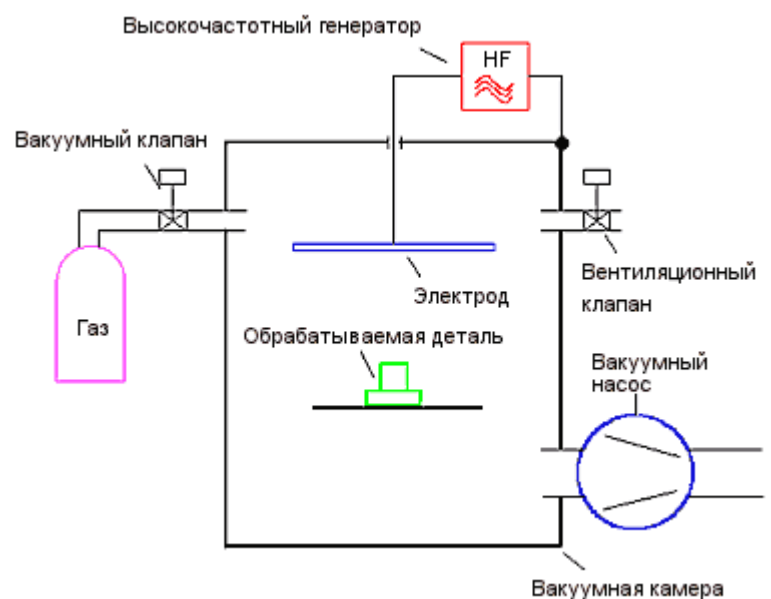
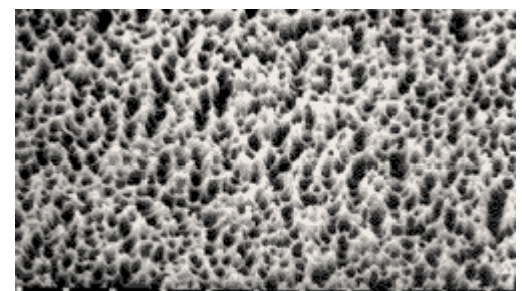
Принцип действия установки плазмы низкого давления включает три этапа:

1. Откачку воздуха из камеры
2. Впуск плазмообразующего газа и поджиг плазмы
3. Продувка камеры и изъятие детали

Поверхность тефлона



до обработки



Femto

Двухлитровая плазменная установка Femto имеет 5 моделей, различающихся по форме камеры, системе подвода газа и системе управления. Все модели комплектуются вакуумным насосом Leybold типа S1,5 (1,5 м³/ч), одной подложкой для обрабатываемых образцов.

Данные установки применяются для исследовательской работы, а также в мелкосерийном производстве.

[подпись «Установка плазмы низкого давления Femto-1»]



	Femto-1	Femto-2	Femto-3	Femto-4	Femto-5
Размер камеры - Ø / Д x Ш - Глубина	100 мм 270 мм	100 x 100 мм 280 мм	100 мм 270 мм	100 мм 270 мм	100 x 100 мм 280 мм
Размер установки	345x220x420 мм	560x310x600 мм	562x211x420 мм	562x460x550 мм	320x500x420 мм
Подвод газа	1 регулятор	1 регулятор	2 регулятора	3 канала	2 регулятора
Датчик давления	-	-	Pirani	-	Pirani
Генератор	40 кГц / 100 Вт бесступенчатый	40 кГц / 100 Вт бесступенчатый	40 кГц / 100 Вт бесступенчатый	40 кГц / 100 Вт (или 13,56 МГц, 2,45 ГГц)	40 кГц / 100 Вт бесступенчатый
Управление	ручное таймер	ручное таймер	ручное таймер	программное обеспечение	ручное таймер

Femto UHP (Ultra High Purity)

Плазменная обработка высокой степени чистоты реализована в плазменных системах Femto UHP, в которых стальная камера заменена на стеклянную или кварцевую. Установки Femto UHP позволяют использовать плазму в тех случаях, когда недопустимо наличие хрома, никеля или железа.

Установки Femto UHP сделаны на базе Femto, поэтому они имеют такие же характеристики, за исключением рабочей камеры, выполненной из стекла или кварца (передняя и задняя части камеры выполнены из алюминия).

Объем камеры: 1,9 л

Диаметр: 95 мм

Глубина: 270 мм

Входное окно: 90 мм

[подпись «Установка плазмы низкого давления Femto-5»]



Pico

Пятилитровая плазменная установка Pico предназначена как для научно-исследовательской работы, так для мелкосерийного производства. Управление установкой может быть как ручным, так и автоматическим с помощью компьютера. Данная модель комплектуется вакуумным насосом Leybold типа Trivac D5B (5 м³/ч), одной подложкой для обрабатываемых образцов; остальные возможности доступны опционально (см. Аксессуары).

	Pico
Размер камеры	
- Диаметр	150 мм
- Глубина	320 мм
Размер установки	550 x 330 x 500 мм
Подвод газа	2 регулятора
Генератор	40 кГц / 200 Вт бесступенчатый
Управление	ручное таймер



Pico UHP (Ultra High Purity)

Плазменная обработка высокой степени чистоты реализована в плазменной системе Pico UHP, в которой стальная камера заменена на стеклянную или кварцевую. Установка Pico UHP позволяет использовать плазму в тех случаях, когда недопустимо наличие хрома, никеля или железа.

Установка Pico UHP сделана на базе Pico, поэтому она имеет такие же характеристики, за исключением рабочей камеры, выполненной из стекла или кварца (передняя и задняя части камеры выполнены из алюминия).

Объем камеры: 4 л
 Диаметр: 130 мм
 Глубина: 300 мм
 Входное окно: 125 мм



Nano

Малогабаритная плазменная установка Pico (24 л) с полуавтоматическим управлением предназначена как для научно-исследовательской работы, так для мелкосерийного производства. Данная модель комплектуется вакуумным насосом Leybold типа D5B (8 м³/ч), одной подложкой для обрабатываемых образцов; остальные возможности доступны опционально (см. [Аксессуары](#)).

	Nano
Размер камеры	
- Диаметр	267 мм
- Глубина	420 мм
Размер установки	580 x 650 x 600 мм
Подвод газа	2 регулятора
Генератор	40 кГц / 300 Вт бесступенчатый
Управление	полуавтоматическое таймер



Nano UHP (Ultra High Purity)

Плазменная обработка высокой степени чистоты реализована в плазменной системе **Nano UHP**, в которой стальная камера заменена на стеклянную или кварцевую. Установка **Nano UHP** позволяет использовать плазму в тех случаях, когда недопустимо наличие хрома, никеля или железа.

Установка **Nano UHP** сделана на базе **Nano**, поэтому она имеет такие же характеристики, за исключением рабочей камеры, выполненной из стекла или кварца (передняя и задняя части камеры выполнены из алюминия).

Объем камеры: 18 л

Диаметр: 240 мм

Глубина: 400 мм

Входное окно: 230 мм

Tetra-...-LF

Стандартные промышленные установки серии Tetra-...-LF с автоматической системой управления используются в производственных процессах для очистки, травления, активации. Установки комплектуются вакуумными насосами Leybold, несколькими подложками в зависимости от размеров; остальные возможности доступны опционально (см. [Аксессуары](#)). Вместо автоматической системы управления может быть установлено компьютерное управление, ЖК-дисплей монтируется непосредственно над плазменной камерой.

	Tetra-30-LF	Tetra-100-LF	Tetra-150-LF
Объем камеры	34 л	100 л	150 л
Размер камеры - Д x Ш - Глубина	305 x 300 мм 370 мм	400 x 400 мм 625 мм	400 x 625 мм 600 мм
Размер установки	600x2200x650 мм	600 x 2200 x 800 мм	1000x2100x1000 мм
Подвод газа	2 регулятора	2 регулятора	2 регулятора
Генератор	40 кГц / 1000 Вт бесступенчатый	40 кГц / 2500 Вт	40 кГц / 2500 Вт
Комплектация	6 подложек (опция: барабан)	10 подложек (опция: барабан)	16 подложек (опция: барабан)
Управление	автоматическое таймер	автоматическое таймер	автоматическое таймер



Tetra-...-LF-PC

Вместо автоматической системы управления может быть установлено компьютерное управление, ЖК-дисплей монтируется непосредственно над плазменной камерой. У данных моделей подвод газа осуществляется по 3-м каналам с электронной регулировкой, все остальные характеристики остаются такими же.



Специальные решения

Компания Diener также производит установки под потребности Пользователя, оснащенные компьютерным управлением. Основными критериями при производстве установок «под заказ» являются:

- пропускная способность;
- габариты обрабатываемых изделий.

Tetra-120-LF-PC

Производственная установка Tetra-120 с камерой объемом 120 л, автоматической дверью и компьютерным управлением.

	Tetra-120-LF-PC
Объем камеры	120 л
Размер камеры	1200 x 150 мм
- Д x Ш	1700 мм
- Глубина	
Размер установки	600 x 2150 x 1000 мм
Подвод газа	4 регулятора с MFC
Генератор	2 x 40 кГц



Tetra-400-LF-PC

Производственная установка с камерой на 400 л, с автоматической скользящей дверью и компьютерной системой управления.

	Tetra-400-LF-PC
Объем камеры	400 л
Размер камеры	915 x 750 мм
- Д x Ш	725 мм
- Глубина	
Размер установки	600 x 2100 x 650 мм
Подвод газа	3 регулятора с MFC
Генератор	2 x 40 кГц



Tetra-500-LF-PC

Производственная установка с камерой на 500 л, с системой перематки рулонов и компьютерной системой управления.

	Tetra-500-LF-PC
Объем камеры	500 л
Размер камеры	1500 x 1700 мм
- Д x Ш	200 мм
- Глубина	
Размер установки	600 x 2100 x 800 мм
Подвод газа	3 регулятора с MFC
Генератор	2 x 40 кГц



Tetra-600-LF-PC

Производственная установка с камерой на 600 л, с 10-и ярусной подложкой для обрабатываемых образцов или вращающимся барабаном, с компьютерной системой управления и промышленной шиной Fieldbus.

	Tetra-600-LF-PC	Tetra-600-LF-PC
Объем камеры	600 л	600 л
Размер камеры - Д x Ш / диаметр - Глубина	1000 x 1000 мм 600 мм	1100 мм 700 мм
Размер установки	600 x 2200 x 800 мм	600 x 2200 x 800 мм
Генератор	2 x 40 кГц	2 x 40 кГц
Комплектация	10 подложек	барабан с 4 коробами (4x30 л)



Tetra-2400-LF-PC

Производственная установка с камерой на 600 л, с вращающимся барабаном (на 16 коробов по 30 л каждый) и с компьютерной системой управления с промышленной шиной Fieldbus.

	Tetra-2400-LF-PC
Объем камеры	2400 л
Размер камеры - Диаметр - Глубина	1100 мм 2500 мм
Размер установки	600 x 2200 x 800 мм
Генератор	4 x 40 кГц
Комплектация	барабан с 4 коробами (4x30 л)



Tetra-12600-LF-PC

Производственная установка с камерой на 12 600 л и системой компьютерного управления с промышленной шиной Fieldbus. Загрузка в камеру осуществляется с помощью тележки с поддонами.

	Tetra-12600-LF-PC
Объем камеры	12 600 л
Размер камеры - Д x Ш - Глубина	2400 x 2100 мм 2500 мм
Генератор	6 x 40 кГц
Комплектация	барабан с 4 коробами (4x30 л)

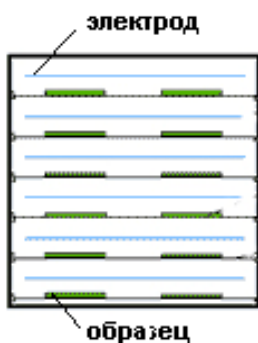


Аксессуары

Плазменные установки низкого давления могут быть укомплектованы дополнительными принадлежностями.

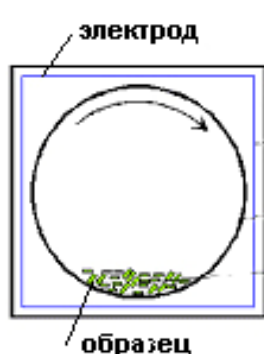
- **Генераторы:**
 - 2,45 МГц
 - 13,56 МГц
- **Фильтры:**
 - из активированного угля
 - всасывающий (для вакуума)
- **Стандартные устройства:**
 - автоматические двери
 - поворотная заслонка
 - редуктор давления
 - распылитель газа
 - электроды
 - измеритель напряжения смещения
 - измеритель ионного тока
 - нагревательная панель
 - термометр
 - фланцы
- **Специальные машины и устройства:**
 - машина для печати этикеток
 - машина для считывания этикеток
 - клетка Фарадея
 - регистр штрихового кода
 - комплектующие для полимеризации
 - ёмкости для дозирования летучих жидкостей
 - защитный клапан для горючих газов
 - коррозионостойкое исполнение
 - кварцевые подставки
 - RIE-электроды
- **Конструкции плазменных камер:**
 - вращающийся барабан
 - подложка (поддон)
 - устройство для перемотки рулонов
 - устройство для обработки порошков

Подложки



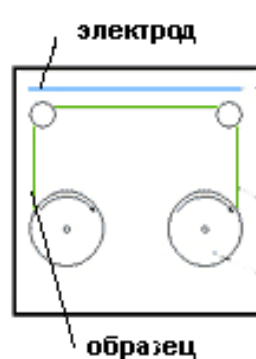
Детали размещаются на нескольких ярусах.

Вращающийся барабан



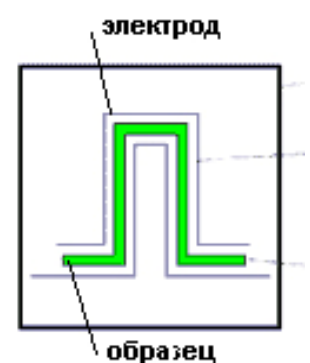
Во вращающемся барабане сыпучие материалы равномерно подвергаются плазменной обработке

Наматывающие устройства



За счет перемотки рулона вдоль электрода пленка равномерно обрабатывается плазмой.

Специальные решения



В сложных изделиях может понадобиться подгонка электрода под форму детали.

Системы управления

Все плазменные установки низкого давления можно оборудовать одной из трех систем управления:

- полуавтоматическая
- автоматическая
- компьютерная

При **полуавтоматическом** и **автоматическом управлении** пользователь может устанавливать следующие параметры:

- время процесса
- мощность
- тип газа
- расход газа
- давление

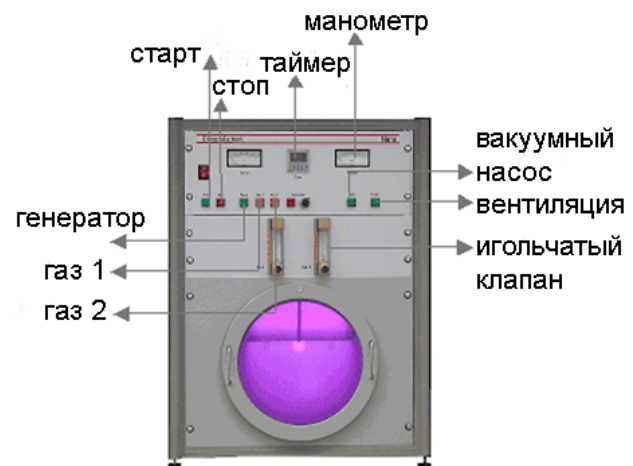
Установка Pico

с панелью полуавтоматического управления



Установка Nano

с панелью автоматического управления



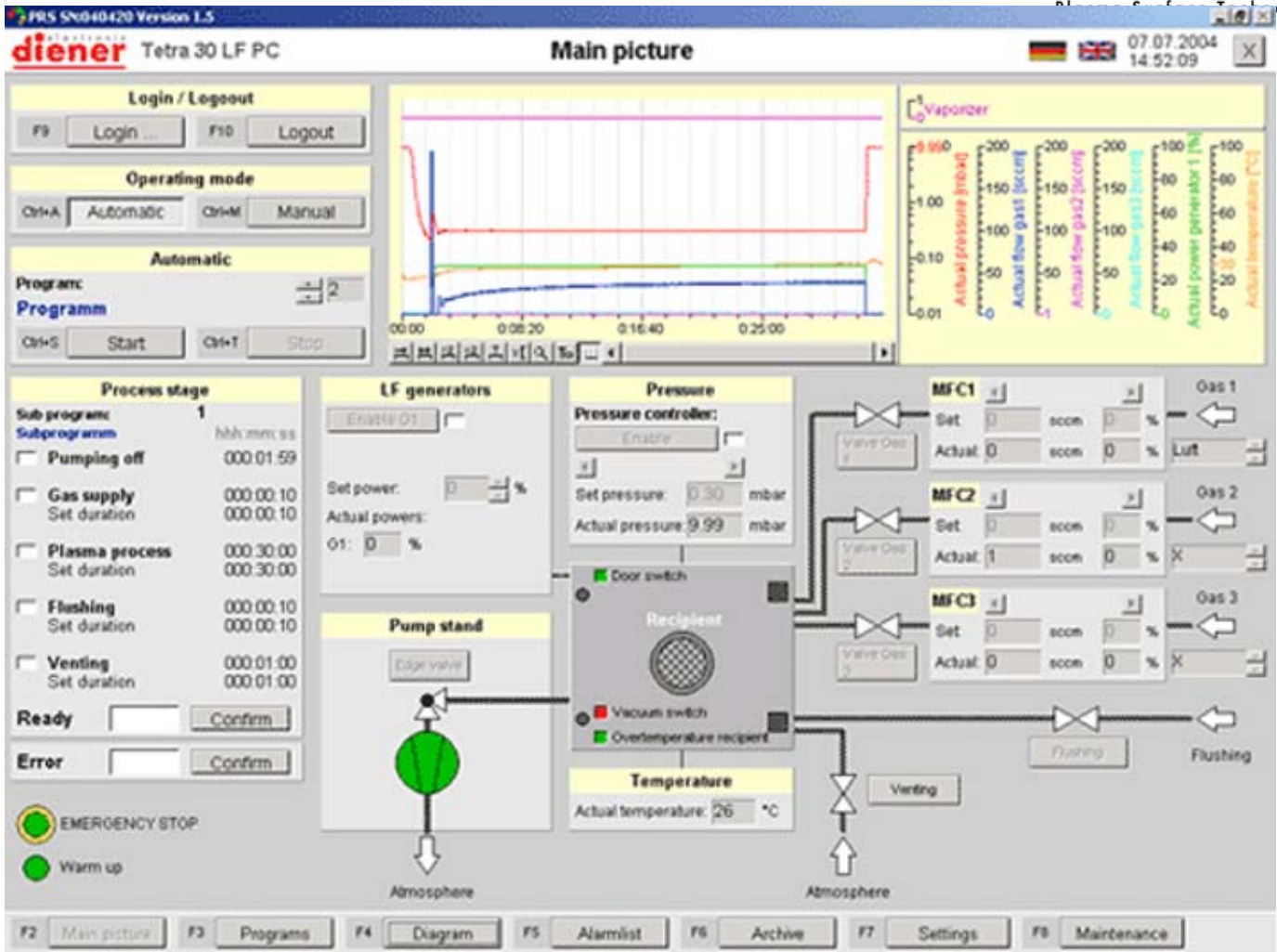
В **компьютерной системе управления** на ЖК-экране отображается схема плазменной установки со всеми впускными и выпускными отверстиями и регулируемыми параметрами. Для повышения защиты от помех все входы и выходы имеют гальваническое разделение. ПИД-регулятор давления позволяет не только управлять расходом, но и стабилизировать давление. По желанию возможно звуковое уведомление об окончании процесса.

Управление осуществляется с помощью ПК, встроенного в шкаф распределительного устройства, с последовательными промышленными шинами Fieldbus. Программное обеспечение, совместимое с Windows, позволяет создавать до 100 алгоритмов работы. Данные процесса регистрируются в виде таблиц Excel; возможен ввод комментариев. Имеется порт для подключения стандартного принтера, необходимого для распечатывания протоколов.

Режимы работы:

- ручной (обслуживание установки с помощью диалогового окна)
- автоматический (работа в соответствии с установленными параметрами)





Регулируемые параметры:

- Давление:
 - откачки (до начала процесса)
 - процесса
- Время:
 - откачки максимальное (до сигнала ошибки)
 - стабилизации
 - длительности процесса
 - промывки
 - вентиляции (продува)
- Соотношение газовых потоков
- Мощность генератора
- Температура (термоэлемент встраивается опционально)
- Погрешности:
 - расхода газа
 - рабочего давления процесса
 - температуры
 - мощности генератора

Области применения

	Атмосферная плазма	Плазма низкого давления
Основные положения	<p>«+» Плазменная обработка возможна непосредственно на ленточном конвейере. Подходит для поточных процессов. Вакуум не нужен.</p> <p>«-» Небольшая область обработки (8-12 мм). Для больших поверхностей нужны дополнительные насадки.</p>	<p>«+» Плазма равномерно распределяется в рабочей камере. Объем камеры может варьироваться от 2 до 1000 л.</p> <p>«-» Сложная вакуумная технология. Ограничения для поточных процессов.</p>
Обработка металлов	<p>«+» Можно создать на поверхности металла очень тонкий оксидный слой, например, при пассивировке алюминия.</p> <p>«-» Количество металлов, чувствительных к окислению, ограничено.</p>	<p>«+» Плазмой можно обработать металлы, чувствительные к окислению.</p> <p>«-» Микроволны плазмы могут передавать энергию образцу, вызывая его перегрев. КГц не вызывают перегрева.</p>
Обработка полимеров и эластомеров	<p>«+» Можно обрабатывать «бесконечные образцы», например, кабели и шланги. Очень короткий процесс.</p> <p>«-» Плазменная струя имеет очень высокую температуру 200-300°C. Параметры процесса необходимо подбирать с учетом горючих характеристик материала.</p>	<p>«+» Можно активировать тефлон за счет травления. Успешно используется для уплотнений из тефлона и эластомеров.</p> <p>«-» Необходим большой насос для создания необходимого давления при работе с некоторыми материалами (н-р, силиконом).</p>
3-D объемы	<p>«+» Возможна местная обработка поверхностей (склеивание швов).</p> <p>«-» Сложная автоматизация технологии. Ограничение для обработки глубоких каналов.</p>	<p>«+» Все предметы в плазменной камере обрабатываются равномерно. Полости могут быть обработаны и изнутри</p> <p>«-» Не известно</p>
Сыпучие материалы	<p>«+» Образец может быть обработан непосредственно в потоке.</p> <p>«-» Образец на конвейерной ленте необходимо очень аккуратно размещать.</p>	<p>«+» С помощью вращающегося барабана сыпучие материалы обрабатываются равномерно. Количество и объем меняется.</p> <p>«-» Занимается только 1/3 часть барабана.</p>
Электроника, полупроводники	<p>«+» Обработка мест склеивания металлов или индивидо-оловянных оксидов возможна непосредственно перед склеиванием (ЖК – TFT, микрочипы и т.д.)</p> <p>«-» Высокая температура струи, небольшая глубина обработки снижает использование в для электротехники.</p>	<p>«+» Плазменная обработка электронных частей, печатных валов, полупроводников.</p> <p>«-» Не известно</p>
Нанесение покрытий	<p>«+» Пока не известно промышленного использования.</p> <p>«-» Пока не известно промышленного использования.</p>	<p>«+» Слои покрытия равномерные и однородные. Разработаны и используются различные PECVD и PVD процессы.</p> <p>«-» Образование в плазменной камере налета наносимого материала.</p>