

# Решения АСО для промышленности

Picosun брошюра 2014



**Picosun**

# Атомно-слоевое осаждение (АСО) определяет будущее

Технология атомно-слоевого осаждения (АСО) является самым совершенным методом нанесения тонких плёнок.

**В настоящее время АСО присутствует везде.**

АСО позволяет осуществлять непрерывное уменьшение размеров электронных компонент, тем самым становится возможным создание таких предметов как современные смартфоны и ноутбуки. В то же самое время, АСО врывается в совершенно новые области промышленного производства со все увеличивающейся скоростью – от устройств освещения будущего и защитных покрытий на монетах до медицинских технологий и решений для хранения энергии.

АСО плёнки являются важным элементом в полупроводниковом производстве и промышленности интегральных микросхем, МЭМС (микроэлектромеханические системы) и при изготовлении

сенсоров. Другими важными применениями являются освещение на основе светодиодов и органических светодиодов, оптика и оптоэлектроника, защита от потускнения (например, для монет), защита от коррозии и износостойкие покрытия, производство катализаторов, технологии чистой и возобновляемой энергетики, очистка воды, декоративные покрытия (например, часы), медицинские имплантаты и инновационные упаковочные материалы.

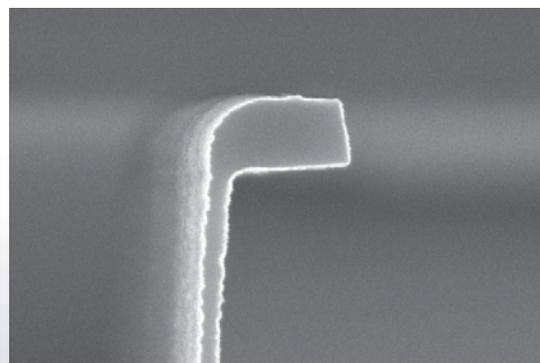
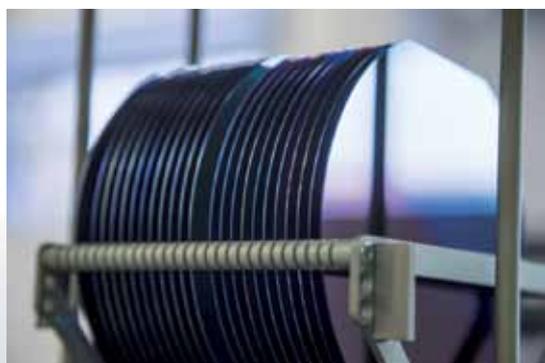
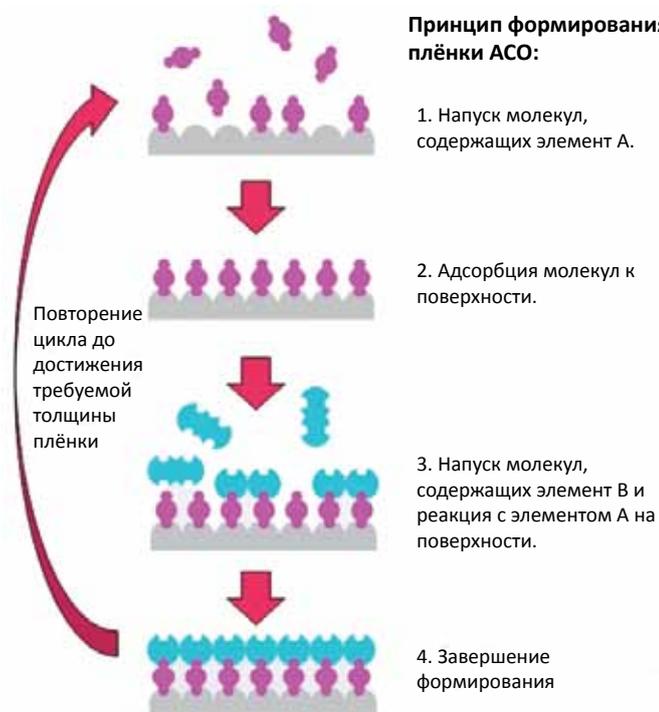
**В независимости от области промышленности на основе технологии АСО возможно создавать совершенно новые изделия или привнести в уже существующие продукты множество новых возможностей.**

В отличие от других методов нанесения тонких плёнок, метод АСО основан на химических взаимодействиях между поверхностью подложки и молекулами паров прекурсоров. В АСО прекурсоры в газовой фазе реагируют только на поверхности: плёнка растёт «вверх» от поверхности последовательно атомных слоёв как показано на рисунке слева. Из-за того, что рост плёнки осуществляется за счет поверхностно-контролируемых, самоограниченных реакций, метод АСО гарантирует 100% однородность, конформность, отсутствие дефектов, трещин и микропор с прецизионным контролем толщины и состава плёнки.

Используя метод АСО, возможно наносить пленки на всё: от больших образцов (например, плоские и трехмерные объекты, кремниевые подложки, листы стекла и металлов) до мельчайших образцов, включая крохотные частицы и порошки. В независимости от размеров и форм особенностей поверхностей образцов, плёнка АСО равномерно покрывает каждую деталь поверхности вплоть до размеров нескольких нанометров. АСО является единственной технологией, с помощью которой возможно успешно наносить плёнки на поверхности микроканалов для структур с высоким соотношением геометрических размеров, таких как «переходные отверстия в кремнии» (TSV), или на образцы со сквозными порами, таких как микроканальные пластины.

Выбор АСО материалов постоянно расширяется и к настоящему времени включает в себя оксиды металлов, нитриды, сульфиды, фториды и чистые металлы – даже благородные металлы, такие как платина, золото и серебро. В виду того, что за один цикл процесса происходит рост одного атомного слоя, становится возможным выращивать такие сложные структуры как наноламинаты, профилированные слои, смешанные оксиды и допированные тонкие плёнки.

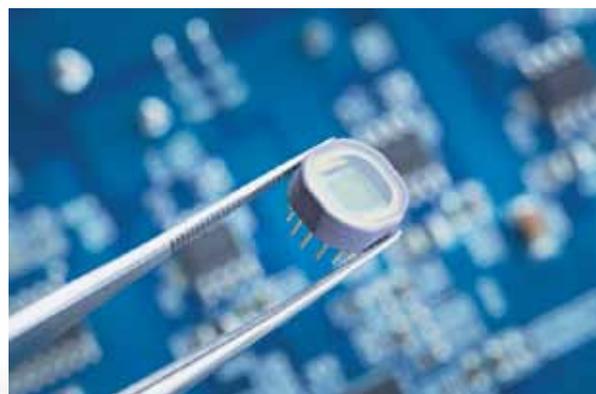
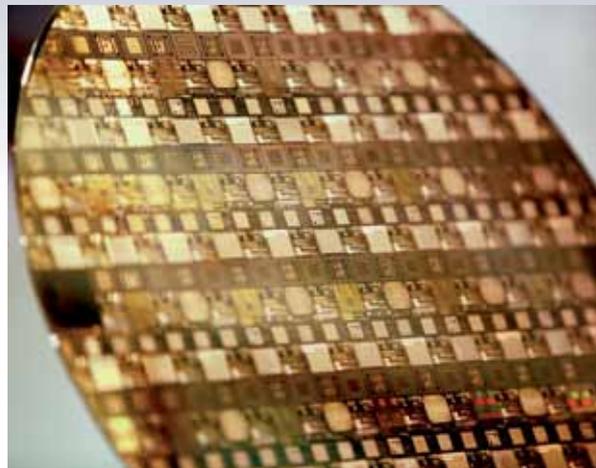
## Принцип формирования плёнки АСО:



АСО является существенным технологическим процессом в областях полупроводниковой промышленности, которые основаны на работе с подложками. Метод АСО позволяет наносить однородные плёнки на поверхности, недоступные другим технологиям. Справа приведено изображение СЭМ плёнки АСО внутри искривленного микроканала (изображение Fraunhofer IMS).

## Примеры применения метода АСО

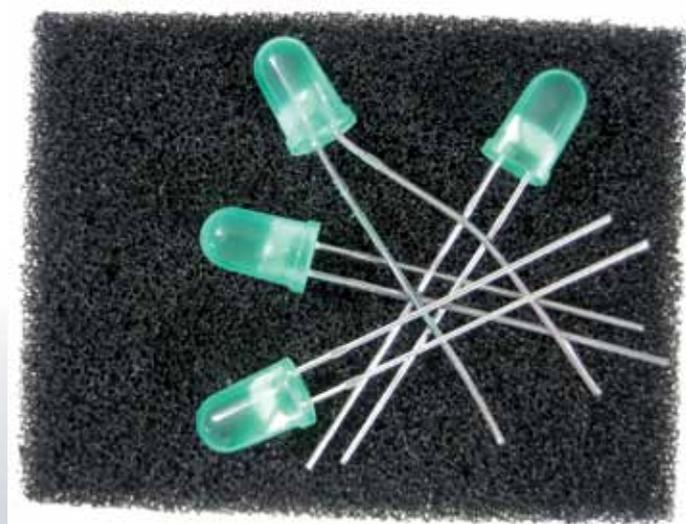
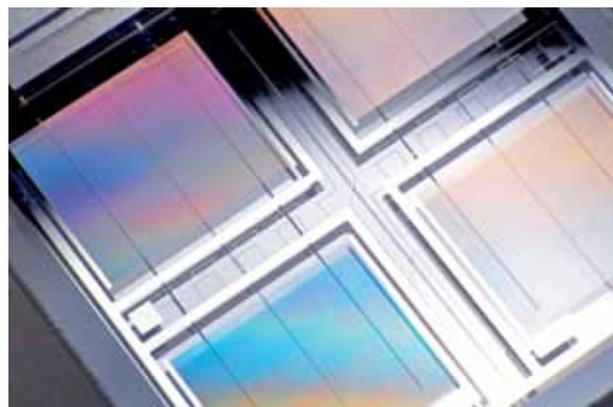
Область применения метода АСО	Роль технологии АСО
Полупроводники/ИС	<p>Оксидные пленки буферных слоев</p> <p>Стэковые оксидные пленки диэлектриков (InterPoly Dielectric, IPD)</p> <p>Туннелирующие оксидные пленки</p> <p>Блокирующие оксидные пленки</p> <p>Пассивирующие пленки</p> <p>Пленки закрывающие щели</p> <p>Пленки для создания герметизирующих слоев</p> <p>Барьерные пленки меди и пленки для нуклеации</p> <p>Подзатворные диэлектрики с высоким <math>k</math></p> <p>Пленки ферроэлектриков</p> <p>Пленки парамагнетиков</p> <p>Немагнитные соединения</p> <p>Электроды</p>
Головки чтения жестких дисков	Пассивирующий слой
Устройства/процессы МЭМС	<p>Пленки, предотвращающие травление</p> <p>Защитные слои</p> <p>Пленки, снижающие трение</p> <p>Гидрофобные пленки</p> <p>Адгезивные пленки</p> <p>Слои, снижающие трение и износ</p> <p>Пленки, защищающие от электрического замыкания</p> <p>Зарядно-рассеивающие пленки</p>
Трёхмерное пакетирование (ИС)	Переходные отверстия в кремнии (TSV)
Медицинские применения	Биосовместимые пленки
Плоские электролюминесцентные дисплеи	Светоизлучающие и пассивирующие слои
Солнечные элементы на основе кристаллического кремния	Пассивация поверхности
Тонкопленочные CIGS-ячейки солнечных элементов	<p>Буферные слои</p> <p>Прозрачные проводящие слои оксидов (TCO)</p>
Защита от коррозии	Пленки на поверхности для защиты от коррозии



### Область применения метода ACO

### Роль технологии ACO

Мембраны для очистки воды Перерабатываемые, бумажные/ картонные упаковочные материалы	Антибактериальный слой Диффузионные барьеры для газа/влаги
Топливные ячейки Оптические применения	Катализаторы Отражающие покрытия для микроканальных пластин (например, для рентгеновской оптики) Линзы Френеля для рентгеновской оптики
Декоративные покрытия	Цветные, «металлические» покрытия
Защита от потускнения	Защита металлических предметов от потемнения
Освещение	Пассивация органических светодиодов (OLED)
Слои с низким показателем преломления $n$ на стекле Слои с высоким показателем преломления $n$ на стекле Оконные слои на стекле Упрочнение стекла	Слои, предотвращающие образование трещин на стекле



### Примеры материалов ACO\*

Оксиды	$Al_2O_3$ , $Al_xTi_yO_z$ , $Gd_2O_3$ , $HfO_2$ , $In_2O_3$ , $MgO$ , $Sb_2O_3$ , $SiO_2$ , $SrTiO_x$ , $Ta_2O_5$ , $TiO_2$ , $Y_2O_3$ , $ZnO$ , $ZnO:Al$ , $ZrO_2$
Нитриды	$AlN$ , $TiAlCN$ , $TiN$ , $TaN_x$
Карбиды	$TiC$
Сульфиды	$Gd_2O_2S$ , $In_2S_3$ , $In_xZn_yS$ , $ZnS$
Фториды	$CaF_2$ , $MgF_2$
Металлы	$Ag$ , $Au$ , $Cu$ , $Ir$ , $Pd$ , $Pt$ , $Ru$

Самоорганизующиеся монослои (SAM) для ингибции роста  
Полимеры и неорганo-органические гибридные материалы

\* Список является неполным. Для получения более подробной информации, пожалуйста обращайтесь напрямую в Picosun.

# Picosun – компания АСО

*“В мире не существует ни одной компании по производству оборудования для АСО с опытом, сравнимым с опытом, знаниями и ноу-хау компании Picosun”*

## Четыре декады развития технологии АСО

История Picosun начинается с самого зарождения технологии атомно-слоевого осаждения (АСО). АСО было запатентовано в Финляндии в 1974 году д-ром Туомо Сунтола, который в настоящее время является членом совета директоров компании. Основатель Picosun и ее главный технический директор г-н Свен Линдфорс занимается проектированием выдающихся инструментов для АСО с 1975 года и широко известен как «самый опытный в мире дизайнер реакционных камер АСО».

## Мы делаем как надо

Непревзойденный опыт Picosun в области технологии АСО основан на непрерывном эксклюзивном развитии систем АСО с помощью 300 человеко-лет самых передовых ноу-хау в данной области. Мы делаем как надо там, где остальные просто стараются изо всех сил. Picosun было основано в 2004 и наша центральная группа специалистов состоит из докторов наук, являющимися экспертами в области АСО. Команда Picosun, описываемая многими как «лучшая группа по технологии АСО», внесла значительный вклад в огромное количество патентов по АСО. В настоящее время наша продукция представляет 15ое поколение АСО инструментов. Тесное сотрудничество с ведущими областями промышленности и лучшими исследовательскими организациями закрепляет наши лидирующие позиции в глобальной сети АСО.

**Производим лидирующие инструменты для нанесения тонких плёнок как для мировой промышленности, так и для исследований**

Picosun предоставляет мировой промышленности решения для нанесения тонких плёнок, хорошо отработанные в производстве. Мы понимаем потребности клиентов – наша технология удовлетворяет самым строгим требованиям производительности и надежности. Для научно-исследовательских организаций наше оборудование предлагает несравнимую многофункциональность, трансформируемость, модульность и уникальную масштабируемость от исследований до производства. Надежные, эффективные, компактные и простые в использовании инструменты PICOSUN™ для проведения АСО были выбраны для ежедневной работы во всех типах приложений микро- и нанотехнологий ведущими промышленными предприятиями и научно-исследовательскими организациями во всем Мире.

Главный офис Picosun находится в Эспоо, Финляндия. Сборка оборудования осуществляется в Масала, Финляндия. Северо-американское отделение Picosun расположено в Детройте, Мичиган, а Азиатское представительство в Сингапуре. За счет наличия широкой сети дистрибьюторов и представителей по всему миру, мы обеспечиваем высочайший уровень послепродажного обслуживания и поддержки. Мы также предоставляем услуги пробного напыления плёнок различных материалов на образцы заказчиков.



Совет директоров Picosun. Слева направо: проф. Йорма Роутти, г-н Кустая Поутиаинен (глава совета директоров), д-р Туомо Сунтола, г-н Юкка Йяямаа, г-н Ханну Турунен.

# R-серия оборудования для ACO PICOSUN™

## Ручная или полуавтоматическая обработка для исследований и разработок

Исследования и разработки высокого стандарта требуют лучшее оборудование. R-серия инструментов для ACO PICOSUN™, имеющая уникальный дизайн с горячими стенками внутренней камеры, верхней подачей химикатов и конструкцию с двойной камерой, гарантирует напыление ACO плёнок высочайшего качества. Плёнки обладают превосходной однородностью даже на поверхностях со сверхсложными структурами, такими как образцы со сквозными порами, микроканалки со свехвысоким соотношением геометрических размеров и на наночастицах порошков. Наши системы источников прекурсоров (химикатов) позволяют производить осаждение плёнок на подложки, трёхмерные объекты и наноразмерные особенности поверхностей. При этом на напыляемых образцах отсутствуют примесные частицы в независимости от того, какой тип прекурсора используется: твердотельный, жидкостный или газообразный.

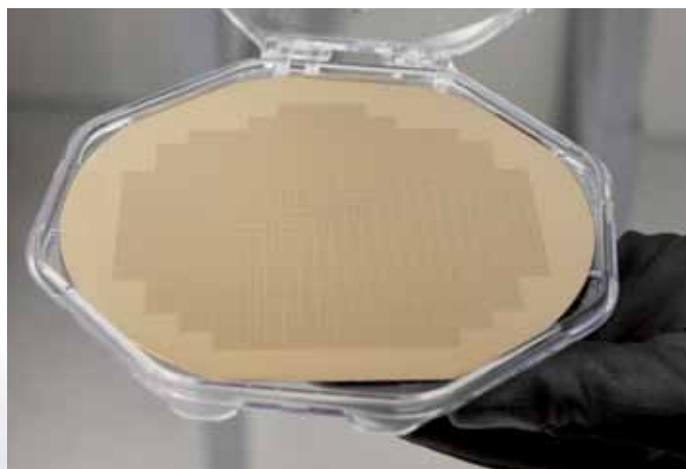
Используя оборудование R-серии PICOSUN™, возможен переход от исследований к производству небольших партий образцов. Несравнимая многофункциональность, скорость и качество сочетаются с компактным дизайном и экономией рабочего пространства. Используя разработки, осуществленные на оборудовании ACO R-серии PICOSUN™ - из-за уникальной масштабируемости наших инструментов, полученные результаты не пропадут в традиционном технологическом зазоре между исследованиями и производством – возможен перенос результатов на промышленное оборудование PICOSUN™ R-серии. PICOSUN™ R-серия ACO оборудования является лучшим выбором при проведении самых продуктивных исследовательских работ.

Превосходные однородности плёнок, полученные на оборудовании Picosun при проведении температурного ACO и плазменно-стимулированного ACO (ПАСО). Размер подложек 150 мм, измерение по 49 точкам.

Материал	Неоднородность (1σ)	Одиночный (O) / пакетный (П) процесс
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.13 %	П
SiO <sub>2</sub>	0.77 %	П
TiO <sub>2</sub>	0.28 %	O
ZnO	0.94 %	O
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.0 %	O
HfO <sub>2</sub>	1.77 %	O
Pt	3.41 %	O
TiN	1.10 %	O
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ПАСО	0.50 %	O
AlN ПАСО	0.62 %	O
SiO <sub>2</sub> ПАСО	1.10 %	O
TiN ПАСО	2.16 %	O
TiAlN ПАСО	2.87 %	O
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ПАСО	0.87 %	O
ZnO ПАСО	2.64 %	O



Инструмент ACO PICOSUN™ R-200 Standard.



ACO плёнка TiN на подложке с устройствами.

# Инструмент АСО плёнок PICOSUN™ R-200 Standard

## технические характеристики

### Основные характеристики

Тип и размер подложки	50 – 200-мм одиночные подложки Мини-партия из подложек до 150-мм 156 мм x 156 мм кремниевые подложки для фотовольтаики Трёхмерные объекты Порошки и частицы Сквозные пористые образцы и образцы, имеющие микроканавки со сверхвысоким соотношением геометрических размеров 50 – 500 °С, более высокие по требованию заказчика
Рабочая температура	
Возможные варианты загрузки образцов в реакционную камеру	Пневматический подъемник (ручная загрузка)
Загрузочный шлюз с магнитным манипулятором	
Прекурсоры	Жидкостные, твердотельные, газообразные, озон
До 6 источников с 4 отдельными вводами	

### Вес и размеры

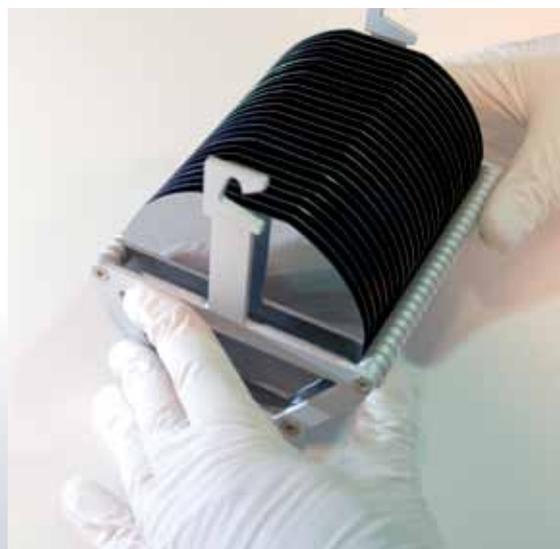
Вес	350 кг
Размеры (Ш x В x Г)	Зависит от дополнительного оборудования Минимальный: 146 см x 146 см x 84 см Максимальный: 189 см x 206 см x 111 см

### Вспомогательные системы

Источник питания	200-240 VAC, однофазное, 50/60 Гц Предохранители 1 x 16 А Потребляемая мощность зависит от используемого дополнительного оборудования
Вакуумный насос	Рекомендация мин. 100 – 420 м3/час, механическая ловушка частиц и дожигатель включены
Несущий газ	99.999 % N2 / Ar, мин 2 std.л/мин
Сжатый сухой воздух	4 – 5.5 бар избыточного давления
Охлаждающая вода	Требуется только для сухого безмасляного вакуумного насоса, не требуется для реакционной камеры
Вытяжка	Требуется для вакуумного насоса, шкафов с источниками, рамы с реакционной камерой

### Дополнительное оборудование

Устройство для усиления диффузии PICOFLOW™, устройство пьезокварцевого микровзвешивания (QCM), анализатор остаточных газов (RGA), генератор N2, газоочистное устройство (скруббер), разработка дизайна оборудования по требованию заказчика, совместимость с перчаточным ящиком для загрузки образцов из инертной атмосферы.



# Инструмент АСО плёнок PICOSUN™ R-200 Advanced

## технические характеристики

### Основные характеристики

Тип и размер подложки	50 – 200-мм одиночные подложки Мини-партия из подложек до 150-мм 156 мм x 156 мм кремниевые подложки для фотовольтаики Трёхмерные объекты Порошки и частицы Сквозные пористые образцы и образцы, имеющие микроканалки со сверхвысоким соотношением геометрических размеров
Рабочая температура	50 – 500 °С, более высокие по требованию заказчика
Возможные варианты загрузки образцов в реакционную камеру	Пневматический подъемник (ручная загрузка) Загрузочный шлюз с магнитным манипулятором Полуавтоматическая загрузка с помощью погрузочно-разгрузочного манипулятора Покассетная загрузка для кластерных инструментов
Прекурсоры	Жидкостные, твердотельные, газообразные, озон, плазма До 12 источников с 6 отдельными вводами

### Вес и размеры

Вес	350 + 200 кг
Размеры (Ш x В x Г)	Зависит от дополнительного оборудования Минимальный: 146 см x 146 см x 84 см Максимальный: 189 см x 206 см x 111 см

### Вспомогательные системы

Источник питания	400 VAC, трёхфазное с нейтралью или 200-210 V трёхфазное, 50/60 Гц Предохранители 3 x 16 А Потребляемая мощность зависит от используемого дополнительного оборудования
Вакуумный насос	Рекомендация мин. 100 – 420 м <sup>3</sup> /час, механическая ловушка частиц и дожигатель включены
Несущий газ	99.999 % N <sub>2</sub> / Ar, мин 2 std.л/мин
Сжатый сухой воздух	4 – 5.5 бар избыточного давления
Охлаждающая вода	Требуется только для сухого безмасляного вакуумного насоса и генератора плазмы, не требуется для реакционной камеры
Вытяжка	Требуется для вакуумного насоса, шкафов с источниками, рамы с реакционной камерой

### Дополнительное оборудование

Устройство для усиления диффузии PICOFLOW™, устройство пьезокварцевого микровзвешивания (QCM), анализатор остаточных газов (RGA), совместимость с оборудованием сверхвысокого вакуума (UHV), генератор N<sub>2</sub>, газоочистное устройство (скруббер), разработка дизайна оборудования по требованию заказчика, совместимость с перчаточным ящиком для загрузки образцов из инертной атмосферы.





Инструмент ACO PICOSUN™ R-200 Advanced с генератором плазмы. Оборудование интегрировано с покассетной загрузочной кластерной системой PICOPLATFORM™ 200.



Инструмент ACO PICOSUN™ R-200 Advanced с вакуумным загрузочным шлюзом и генератором плазмы.

# Р-серия инструментов ACO PICOSUN™

**Полностью автоматическая обработка одиночных подложек и пакетов подложек для производств в промышленных масштабах**

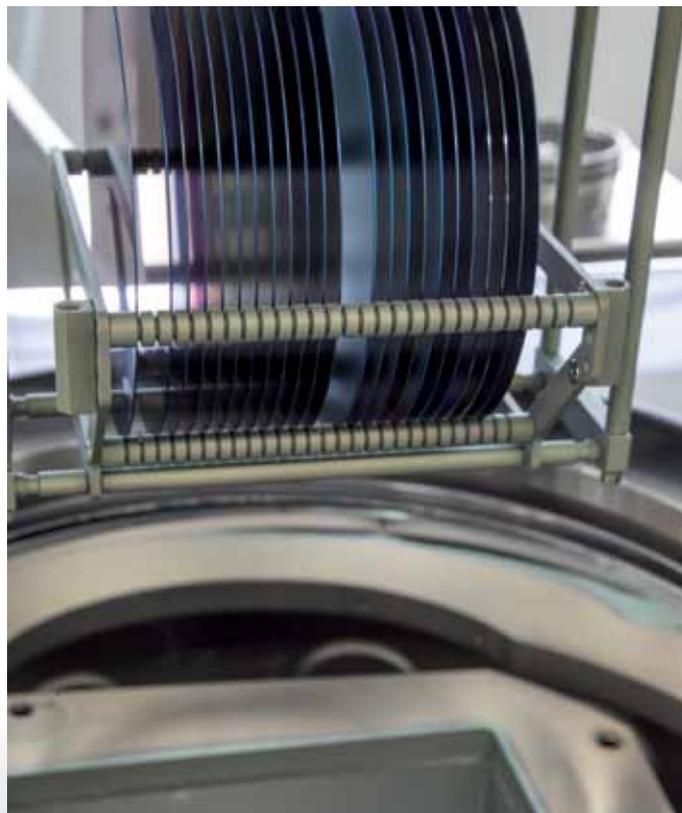
Р-серия PICOSUN™ и PICOVATCH™ определяют новую эру ACO производств в промышленных масштабах. Оборудование Р-серии PICOSUN™ является полностью автоматическим и позволяет обрабатывать сотни или даже тысячи подложек в час при использовании кластерной конфигурации. Р-серия PICOSUN™ - показательный пример уникальной встроенной масштабируемости инструментов ACO PICOSUN™, которые демонстрируют быструю, безопасную и надежную работу. А также показывают высокую производительность в производствах, использующих технологию ACO, имеют низкую стоимость владения и удовлетворяют самым требовательным промышленным стандартам качества и воспроизводимости. Получены превосходные показатели однородности плёнок (стандартное отклонение толщины < 1 % для Al2O3 на кремниевых подложках до 300 мм) и уровень примесных частиц до 1-2 частицы (>70 nm) на подложке.

Оборудование Р-серии PICOSUN™ совместимо с другими технологическими процессами и вакуумными кластерами, гарантирует максимальную производительность при экономической эффективности. Наш компактный, многофункциональный дизайн реакционных камер позволяет заказчикам сэкономить на дорогостоящем рабочем пространстве. При этом быстрота и легкость обслуживания минимизируют время простоя оборудования. Наш непревзойденный уровень ноу-хау по механике процессов ACO гарантирует беспрепятственную работу производства с любыми используемыми прекурсорами (химикатами) и архитектурой поверхности подложек.

Служба поддержки Picosup всегда готова предложить прямое или удалённое консультирование по различным вопросам, начиная от химии процессов и заканчивая вопросами обслуживания наших инструментов. До приобретения нашего оборудования, наша группа тестового напыления убедится в том, что конструкция инструмента и дизайн реакционной камеры максимально точно подходит под Ваши задачи.

Данные одного из пользователей промышленного инструмента ACO PICOSUN™ Р-300В при осуществлении пакетного процесса

	Требуемое значение	Измеренное значение
Неоднородность толщины в пределах одной подложки	< 1 % 1σ	0.51 % 1σ
Неоднородность толщины в пределах одной серии	< 1 % 1σ	0.80 % 1σ
Разброс скорости осаждения от серии к серии	< 1 % 1σ	0.18 % 1σ
Количество примесных частиц на подложку (>70 nm)	< 8	1-2
Показатель преломления (190 nm)	>1.86	>1.864
Отслаивание пленки или образование микроканалов после травления HF	нет	нет
Механическое напряжение пленки	< 200 МПа	< 200 МПа
Загрязнение щелочью	< 10 <sup>10</sup> атомов/см <sup>2</sup>	< 0.02•10 <sup>10</sup> атомов/см <sup>2</sup>
Среднее время между загрузками (МТТМ) < 4 часов		
Среднее время между техническими обслуживаниями (МТВМ) > 6 месяцев		
Коэффициент непрерывной работы > 0.9		



# Промышленный инструмент ACO плёнок PICOSUN™

## P-300S технические характеристики

### Основные характеристики

Тип и размер подложки	Одиночные подложки диаметром до 300-мм Трёхмерные объекты, например сталь, алюминий, пластик, серебряные украшения Порошки и подложки, содержащие частицы Микроканальные пластины и сквозные пористые подложки Подложки, имеющие структуры со сверхвысоким соотношением геометрических размеров (1000:1)
Рабочая температура	50 – 500 °C
Возможные варианты загрузки	Пневматическая загрузка, загрузка с помощью роботизированного манипулятора
Прекурсоры	Жидкостные, твердотельные, газообразные, озон Сенсоры уровня, сервис очистки и заправки До 12 источников с 6 отдельными вводами

### Вес и размеры

Вес	350 + 200 кг
Размеры (Ш x В x Г)	149 см x 191 см x 111 см

### Вспомогательные системы

Источник питания	400 VAC, трехфазное с нейтралью или 200-210 VAC, трехфазное, 50/60 Гц Предохранители 3 x 16 А Потребляемая мощность зависит от дополнительного оборудования
Вакуумный насос	Рекомендация мин. 420 м3/час, механическая ловушка частиц и дожигатель включены
Несущий газ	99.999 % N2 / Ar, мин 2 std.л/мин
Сжатый сухой воздух	5 – 6 бар избыточного давления
Охлаждающая вода	Требуется только для безмасляного вакуумного насоса и генератора озона, для реакционной камеры не требуется
Выхлоп	Необходим для вакуумного насоса, шкафов с источниками, рамы с реакционной камерой

### Дополнительное оборудование

Кластерные инструменты, интеграция со сверхвысоким вакуумом (UHV), модули автоматической загрузки, газоочистные устройства, охладители воды, генераторы азота, возможность подключения к ПО промышленного хоста заказчика, совместимость с перчаточным ящиком для загрузки из инертной среды

Инструмент ACO PICOSUN™ P-300S, интегрированный в кластерный инструмент для обработки 300 мм подложек с роботизированным манипулятором.



# Промышленный инструмент АСО плёнок PICOSUN™

## P-300B технические характеристики

### Основные характеристики

Тип и размер подложки	300-мм подложки в партии (серии) по 10 подложек/загрузка (станд-ное расстояние между подложками) 200-мм подложки в партии (серии) по 50 подложек/загрузка (станд-ное расстояние между подложками) 156мм x 156мм кремниевые подложки для фотовольтаики в партии (серии) по 100/200 подложек/загрузка (обе стороны/одна сторона) До 300мм x 300мм стеклянные подложки в партии (серии) по 10/20 подложек/загрузка (обе стороны/одна сторона) Трехмерные объекты, например сталь, алюминий, пластик, серебряные украшения Порошки и подложки, содержащие частицы Микроканальные пластины и сквозные пористые подложки Подложки, имеющие структуры со сверхвысоким соотношением геометрических размеров (1000:1)
Рабочая температура	50 – 500 °С
Возможные варианты загрузки	Пневматическая загрузка, загрузка с помощью роботизированного манипулятора
Прекурсоры	Жидкие, твердотельные, газообразные, озон Сенсоры уровня, сервис очистки и заправки До 6 источников с 4 отдельными вводами

### Вес и размеры

Вес	400 + 300 кг
Размеры (Ш x В x Г)	149 см x 191 см x 111 см

### Вспомогательные системы

Источник питания	400 VAC, трехфазное с нейтралью или 200-210 VAC, трехфазное, 50/60 Гц Предохранители 3 x 16 А Потребляемая мощность зависит от дополнительного оборудования
Вакуумный насос	Рекомендация мин. 420 м3/час, механическая ловушка частиц и дожигатель включены
Несущий газ	99.999 % N <sub>2</sub> / Ar, мин 2 std.л/мин
Сжатый сухой воздух	5 – 6 бар избыточного давления
Охлаждающая вода	Требуется только для безмасляного вакуумного насоса и генератора озона, не требуется для реакционной камеры
Выхлоп	Необходим для вакуумного насоса, шкафов с источниками, рамы с реакционной камерой

### Дополнительное оборудование

Кластерные инструменты, модули автоматической загрузки, загрузка с помощью промышленного робота, газоочистные устройства, охладители воды, генераторы азота, возможность подключения к ПО промышленного хоста заказчика, совместимость с перчаточным ящиком для загрузки из инертной среды





Промышленный инструмент АСО плёнок PICOSUN™ P-300В.



Промышленный инструмент АСО плёнок PICOSUN™ P-300В с промышленным роботом.

# Промышленный инструмент АСО плёнок PICOSUN™

## P-1000 технические характеристики

### Основные характеристики

Тип и размер подложки	450-мм подложки в партии (серии) до 40 подложек/загрузка 300-мм подложки в партии (серии) до 80 подложек/загрузка 200-мм подложки в партии (серии) 12 x 25 штук 156мм x 156мм кремниевые подложки для фотовольтаики в партии (серии) по 800/1000 подложек/загрузка (обе стороны/одна сторона) До 400мм x 600мм стеклянные подложки в партии (серии) по 30/50 подложек/загрузка (обе стороны/одна сторона) Трехмерные объекты (450 x 450 x 650 мм), например сталь, алюминий, пластик, серебряные украшения Порошки и подложки, содержащие частицы Микроканальные пластины и сквозные пористые подложки Подложки, имеющие структуры со сверхвысоким соотношением геометрических размеров (1000:1)
Рабочая температура	50 – 500 °С
Возможные варианты загрузки	Пневматическая загрузка, загрузка с помощью роботизированного манипулятора
Прекурсоры	Жидкие, твердотельные, газообразные, озон Сенсоры уровня, сервис очистки и заправки До 12 источников с 8 отдельными вводами

### Вес и размеры

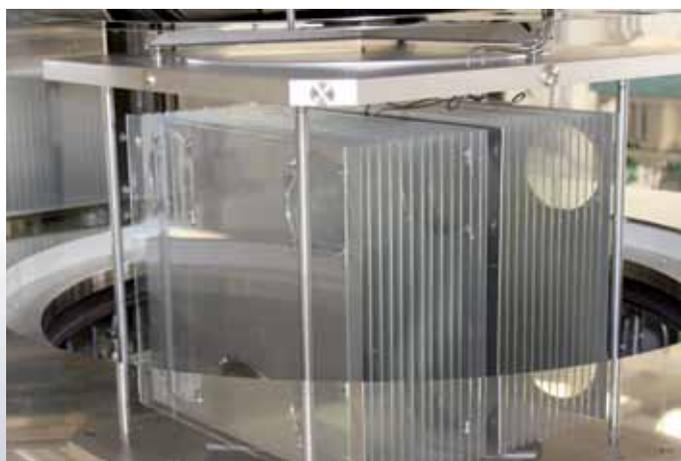
Вес	2000 кг
Размеры (Ш x В x Г)	230 см x 270 см x 125 см

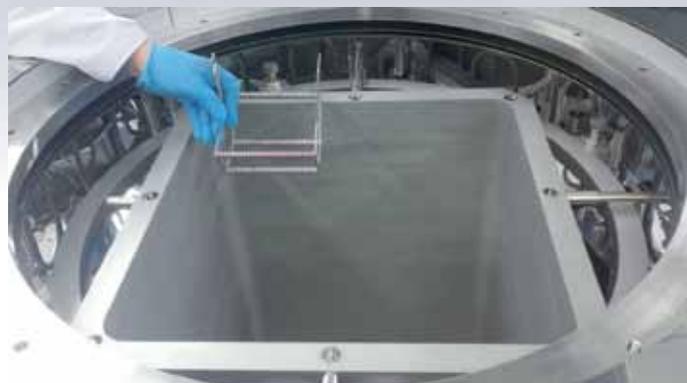
### Вспомогательные системы

Источник питания	400 VAC, трехфазное с нейтралью или 200-210 VAC, трехфазное, 50/60 Гц Предохранители 3 x 32 А Потребляемая мощность зависит от дополнительного оборудования
Вакуумный насос	Рекомендация мин. 420 м3/час, механическая ловушка частиц и дожигатель включены
Несущий газ	99.999 % N <sub>2</sub> / Ar, мин 2 std.л/мин
Сжатый сухой воздух	5 – 6 бар избыточного давления
Охлаждающая вода	Требуется только для безмасляного вакуумного насоса и генератора озона, не требуется для реакционной камеры
Выхлоп	Необходим для вакуумного насоса, шкафов с источниками, рамы с реакционной камерой

### Дополнительное оборудование

Кластерные инструменты, модули автоматической загрузки, газоочистные устройства, охладители воды, генераторы азота, возможность подключения к ПО промышленного хоста заказчика





Промышленный инструмент АСО плёнок PICOSUN™ P-1000 для одновременной обработки сверхбольшого количества образцов

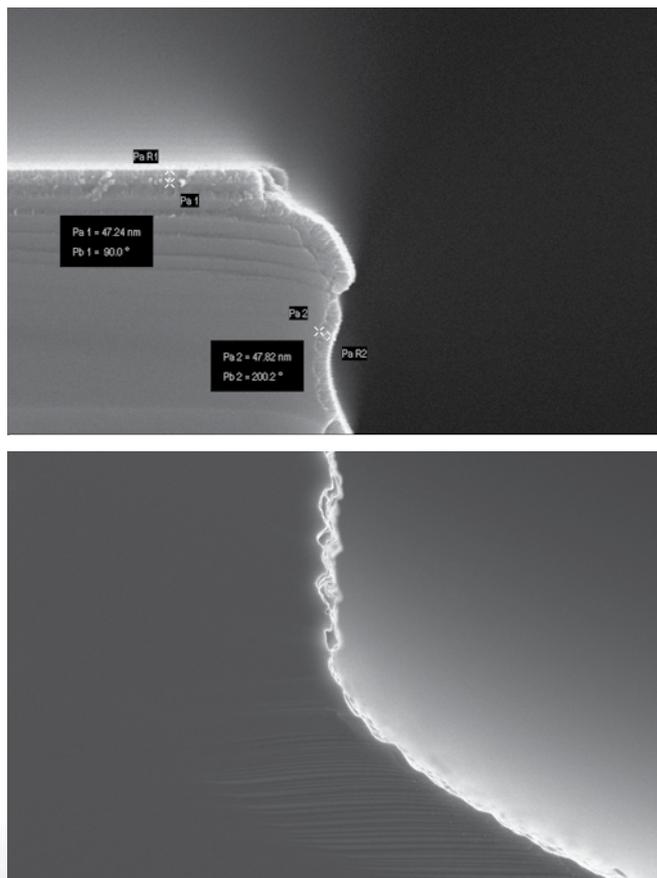


# PICOPLASMA™ - источник удаленной плазмы

Инновационная система PICOPLASMA™ является источником плазмы для процессов плазмостимулированного АСО (ПАСО) и основана на высокотехнологичном, безионном удаленном источнике плазмы. Данная система в настоящее время используется самыми передовыми исследовательскими группами во всем мире. Различные возбужденные частицы, такие как радикалы кислорода, азота и водорода могут быть сформированы с помощью данного плазменного источника, что расширяет диапазон процессов АСО – особенно, при работе по осаждению пленок металлов и нитридов металлов при низких температурах. Удаленный источник плазмы позволяет обрабатывать самые чувствительные подложки и структуры без повреждения их плазмой из-за очень малого количества ионов, которые, несмотря на это, образуют высоко-реакционный поток частиц. С использованием системы PICOPLASMA™ исчезают проблемы шунтирования даже при осаждении металлов. Генерация плазмы происходит с использованием стандартных скоростей потоков без флуктуации давления. Для работы удаленного генератора плазмы не требуется отдельный клапан для предотвращения обратной диффузии частиц плазмы в генератор. Оптимизированная конструкция инструментов АСО PICOPLASMA™ позволяет одновременно совмещать в одном инструменте плазменные и температурные процессы АСО при проведении напыления без изменений в конструкции инструмента.

Система PICOPLASMA™ может быть подключена к уже существующим реакторам PICOPLASMA™ или отдельная ПАСО система может быть установлена как один компактный, занимающий небольшую площадь АСО узел, обладающий низкой совокупной стоимостью владения, работу которого легко поддерживать. АСО инструмент может быть полностью автоматизирован путем его интеграции в кластерный инструмент PICOPLATFORM™.

Стабильность по мощности получаемой плазмы гарантирует высокую продуктивность, высокие скорости процессов ПАСО и превосходную однородность пленок (стандартное отклонение толщины, STD 0.7% для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и AlN на кремнии, нанесенные с использованием TMA и радикалов кислорода), а также хорошую конформность в глубоких микроканавках с соотношением геометрических размеров 1:48 для процессов с кислородной плазмой и 1:25 для процессов с азотно-водородной плазмой. Суммируя, новаторский инструмент PICOPLASMA™ увеличивает универсальность, а также возможности настройки и масштабирования существующих систем АСО компании Picosun.



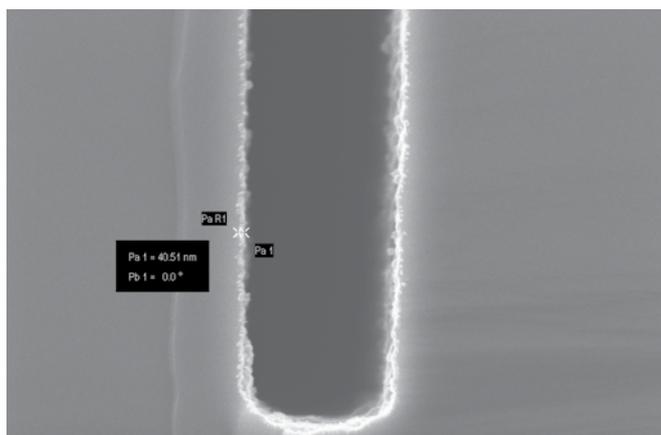
ПАСО пленки TiN, обладающие высокой конформностью и однородностью, на поверхностях микроканавок.

Удаленный генератор плазмы PICOPLASMA™, установленный на инструмент АСО пленок PICOPLASMA™ R-серии.

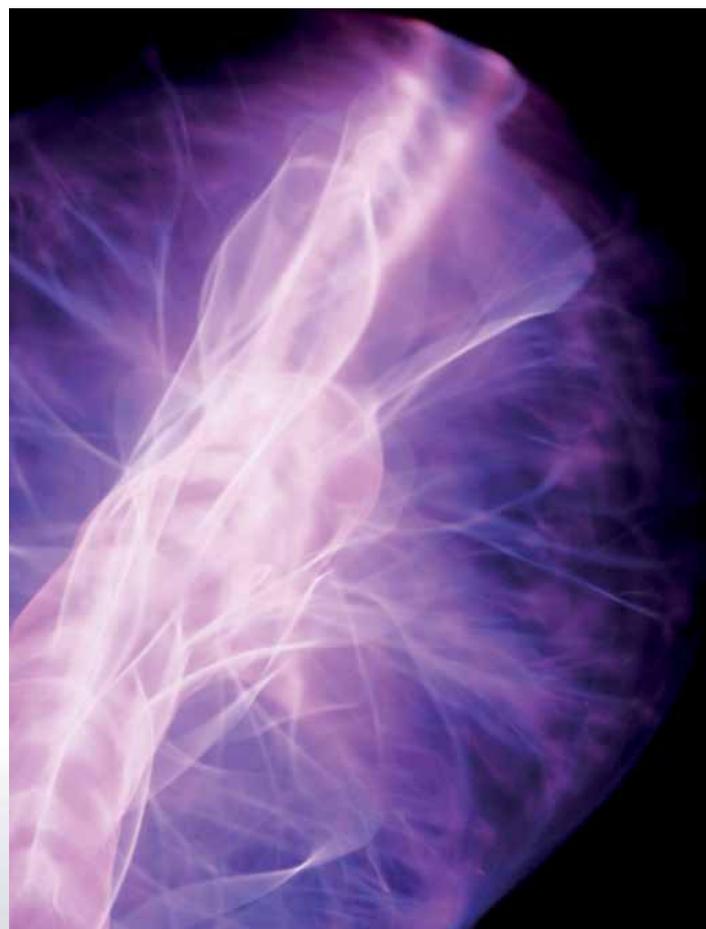
# PICOPLASMA™ технические характеристики

## Технические характеристики удалённого источника плазмы PICOPLASMA™

- Генератор плазмы и источник питания интегрированы в одну компактную систему, вес 22.2 кг
- Монтируется над переходной камерой, подсоединенной к реакционной камере
- Коммерческий РЧ генератор плазмы с изменяемой мощностью 100
- – 3000 Вт с диапазоном рабочих частот 1.7 – 3 МГц
- 208 VAC, 35 A, 3 фазы, входной AC макс. 16 A
- Поток охлаждающей воды 5.71 л/мин, T < 35 °C
- Интерфейсы: аналоговый (25 pin) и RS-232 (AE Bus)
- Уплотнение Chemraz® O-ring
- Время наработки на отказ > 100 000 часов
- Генератор совместим со следующими сертификатами:
- CE 73/23/EEC & 89/336/EEC, IEC/EN 61010-1, CSA
- C22.2 No. 1010.1, ANSI/ISA-82.02.01, NRTL/C, SEMI
- S2-0302, SEMI F47, EN 55011, EN61326 и 47 CFR



Плёнки ПАСО TiN + Si, обладающие высокой конформностью и однородностью, на поверхностях микроканалов.



# Вакуумный кластерный инструмент PICOPLATFORM™

Вакуумные кластерные инструменты PICOPLATFORM™ компании Picosun сочетают в себе уникальную масштабируемость и модульность всех инструментов ACO PICOSUN™. Кластерная система оборудована полностью стандартизированными решениями по автоматизации для промышленных производств.

Система PICOPLATFORM™ состоит из нескольких реакционных камер для ACO, собранных вокруг центрального вакуумного роботизированного модуля загрузки и контроля, который позволяет осуществлять автоматическую загрузку/разгрузку, не нарушая при этом вакуумирование реакционных камер ACO. Также возможно подключение кластера к модулям, осуществляющим другие технологические процессы, такими как системы предварительной обработки, пост-обработки и напыления с использованием других технологических процессов. В зависимости от требований заказчика, инструменты серии PICOPLATFORM™ подразделяются на: PICOPLATFORM™ 200 (для проведения исследований и разработок) и PICOPLATFORM™ 300 (для полностью автоматизированного промышленного производства с высокой производительностью).

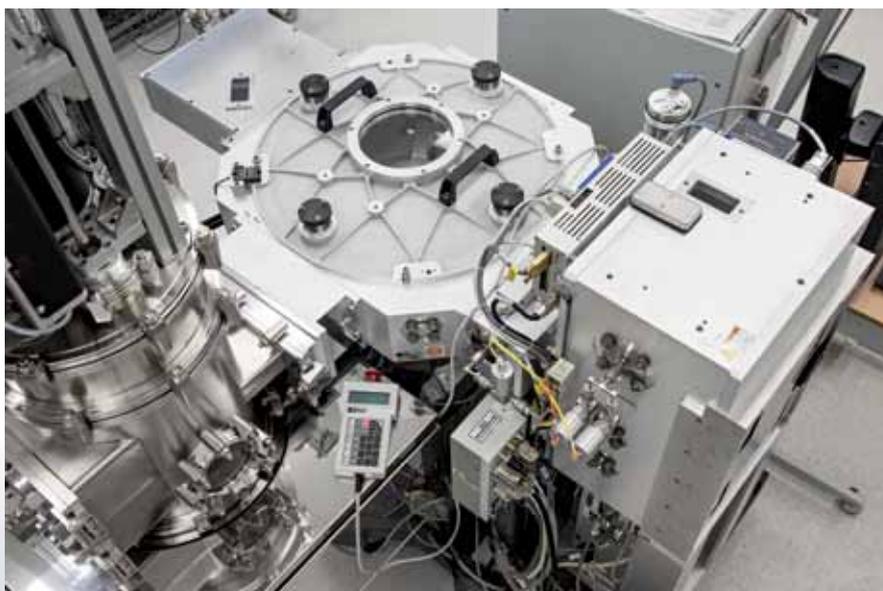
Система загрузки/разгрузки подложек инструмента PICOPLATFORM™ 200 основана на кластерном вакуумном роботизированном блоке Brooks MX400™. Кластерная система PICOPLATFORM™ 200 совместима с инструментами ACO PICOSUN™ R-200 Advanced, она может быть использована как промежуточный инструмент для 100/200мм подложек и может быть оборудована загрузочным шлюзом для одной подложки или автоматическим покассетным загрузчиком.

Система загрузки/разгрузки подложек инструмента PICOPLATFORM™ 300 основана на кластерном вакуумном роботизированном блоке Brooks Marathon 2™ и загрузочной станции с несколькими блоками типа Front Opening Unified Pod (FOUP). Данная станция предназначена для автоматизированного переноса пластин между отдельными блоками FOUP и модулями кластерного инструмента без развакуумирования. Кластерная система PICOPLATFORM™ 300 совместима с инструментами ACO PICOSUN™ P-300S, она может быть использована как промежуточный инструмент для 200/300-мм подложек. Кластерная система PICOPLATFORM™ 300 совместима со стандартом SEMI S2.

Области использования: оксиды, нитриды и металлы для производства интегральных схем.

- оксидные плёнки разделителей
- стэковые оксидные пленки диэлектриков (InterPoly Dielectric, IPD)
- туннелирующие плёнки оксидов
- блокирующие плёнки оксидов
- пассивирующие плёнки
- плёнки, заполняющие зазоры
- герметизирующие слои
- барьерные плёнки меди и затравочные слои

Огромная клиентская база инструментов ACO PICOSUN™ и работа в тесном сотрудничестве с лидирующим производителем вакуумных автоматизированных решений для полупроводниковой промышленности Brooks Automation гарантируют оптимальную производительность, техническую поддержку и эксплуатационную надежность систем ACO PICOSUN™.



Кластерный инструмент ACO PICOPLATFORM™ 200 с автоматизированным покассетным загрузчиком.

# PICOPLATFORM™ 200 технические характеристики

## Вакуумный кластер PICOPLATFORM™ 200 технические характеристики

Размеры подложек: 100 мм, 150 мм, 200 мм

Опции загрузки:

- Загрузочный шлюз для одной подложки (полуавтоматический)
- Автоматизированная покассетная загрузка до 25 подложек

Дополнительный порт для интеграции оборудования с другим технологическим процессом посредством вакуумного роботизированного блока.

Переходная камера с роботом, осуществляющим загрузку/разгрузку подложек

Тонкая плёнка наносится на одну подложку за один раз

Сенсоры подложки

Интегрированный юстировщик подложки

Реакционная камера изолирована от атмосферы во время загрузки и разгрузки подложки

Скорость утечки по гелию: макс.  $1.0 \times 10^{-8}$  торр•л/с He

Совместимо с условиями чистого помещения

Диапазон рабочих температур: от 10 °C до 30 °C

Диапазон влажности в рабочем помещении: от 5% до 80 % (относительная, неконденсирующаяся)

Электричество: однофазное 200-240 V, 10 A (обычно подключается посредством общей стойки кластерной системы)

Размеры: 868 мм x 1147 мм x 1392.5 мм (Ш x Г x В)

Вес: 708.5 кг

Дополнительные опции:

- Загрузчик с контейнером для полупроводниковых пластин со стандартным механическим интерфейсом (SMIF) для регулируемой среды;
- Порты для дополнительных опций через тандем или основанной на кластерной системе Brooks MX700™;
- Коммуникации SECS/GEM.



Кластерная система ACO PICOPLATFORM™ 200 с четырьмя инструментами ACO PICOSUN™ R-серии.

# PICOPLATFORM™ 300 технические характеристики

Вакуумная система с роботизированным загрузчиком/разгрузчиком подложек посредством переходной камеры и загрузочного шлюза

Стыковочный модуль EFEM с тремя портами типа Front Opening Unified Pod (FOUP), составление карты годности кристаллов на полупроводниковой пластине с помощью роботизированного манипулятора, работающего при атмосферном давлении.

Надежная технология MagnaTran от Brooks:

- Среднее число циклов между отказами > 10 миллионов

Дополнительный порт для интеграции оборудования с другим технологическим процессом посредством вакуумного роботизированного блока.

Загрузка/выгрузка одиночных подложек и оптические сенсоры подложки в вакуумном блоке.

Реакционная камера изолирована от атмосферы во время загрузки и разгрузки подложки

Опциональный юстировщик подложки в стыковочном модуле EFEM

Вес стыковочного модуля EFEM: 766 кг

Вес Marathon 2™: 581 кг



Вакуумная кластерная система PICOPLATFORM™ 300 с инструментом ACO PICOSUN™ P-300S, вакуумным роботизированным загрузочным блоком и стыковочным модулем EFEM с тремя портами типа Front Opening Unified Pod (FOUP).

# Дополнительное оборудование и опции

## Устройство PICOFLOW™ для усиления диффузии

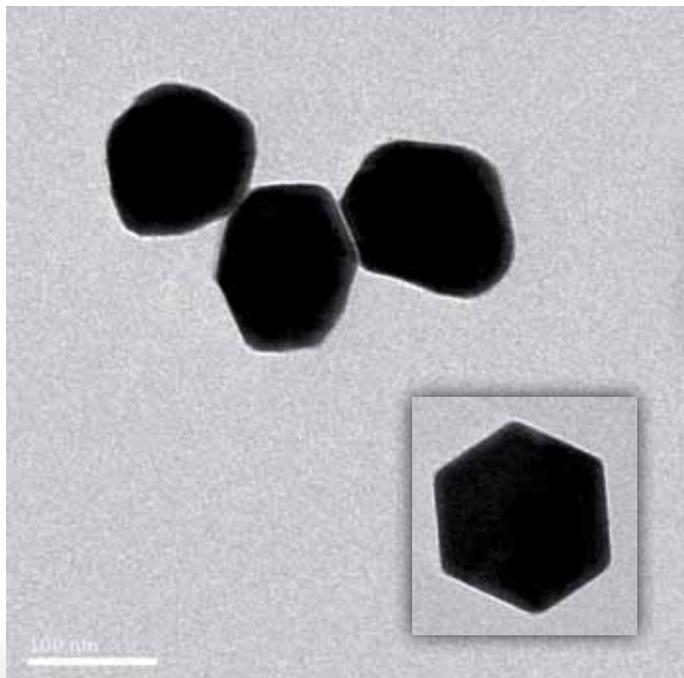
Устройство PICOFLOW™ используется для увеличения времени удержания прекурсоров в реакционной камере путем уменьшения скорости, с которой реагирующие газы выкачиваются из реактора. Использование подобного подхода позволяет улучшить покрытие сквозных пористых, сильно извилистых и нанопористых поверхностей, а также подложек, содержащих порошки или другие более сложные структуры с особенностями на масштабах порядка нанометров. С установленной системой PICOFLOW™, частицы прекурсоров в реакторах Picosun имеют больше времени для диффузии внутрь сложно-структурированных подложек и взаимодействия с поверхностями, на которые наносятся нанопокрyтия. Ускоритель диффузии PICOFLOW™ позволяет наносить плёнки на образцы, обладающие чрезвычайно высоким соотношением геометрических размеров без риска обратной диффузии прекурсоров во впускные линии.



## Устройство PICOFLOAT™ для нанесения плёнок на частицы

Порошки составляют основу огромного числа промышленных продуктов: катализаторов для химии и биохимии, твердотопливных элементов, красителей, присадок для резины, бумаги, пластика, картона, медицинских и косметических вещества и прочее. Используя покрытия ACO, поверхности частиц могут быть преданы функциональные свойства согласно электрических, оптических, физических и химических требований, или частицы могут быть функционализированы с приданием им совершенно новых свойств. Производство катализаторов с помощью метода ACO является более экологически чистым по сравнению с традиционными технологиями, основанными на методах жидкостной химической обработки.

В устройстве PICOFLOAT™ порошок, на который требуется нанести покрытие, находится в постоянном движении, что гарантирует образование однородных ACO плёнок на каждой частице с диаметром несколько десятков нанометров. Устройство PICOFLOAT™ может быть установлено как в старые, так и в новые инструменты ACO PICOSUN™ до серии PICOSUN™ R-200.



## Камера для непрерывной подачи рулонного материала для АСО (технологический процесс roll-to-roll)

Непрерывная обработка образцов методом АСО требуется, например, в областях гибкой, печатной электроники, дисплея на основе органических светодиодов (OLED), тонкоплёночных фотовольтаических устройствах третьего поколения, тонкоплёночных батареях с высоким значением запасённой энергии на единицу веса, интеллектуальной ткани, органических сенсоров, органических/пригодных для переработки упаковочных материалах, гибких дисплеях и прочих областях. Основной проблемой в печатной электронике является поиск гибкого, прочного и дешевого герметизирующего материала для защиты чувствительных устройств от окружающей среды (влажность, газы, примеси) с целью увеличения срока их службы. Оксиды алюминия и титана, нанесенные по методу АСО, продемонстрировали превосходные эксплуатационные показатели в данной области. Печатная электроника определенно является самой перспективной областью использования технологии АСО в ближайшем будущем.

Принципиально новый технологический процесс непрерывной рулонной подачи (roll-to-roll) АСО расширяет возможности оборудования АСО PICOSUN™ и является одним из самых востребованных у наших заказчиков. Камера PICOSUN™ для непрерывной подачи рулонного материала может быть установлена как в старые, так и в новые инструменты АСО PICOSUN™ R-серии.

## Совместимость с перчаточным ящиком

Все инструменты АСО PICOSUN™ могут быть интегрированы с перчаточными ящиками различных типов, что позволяет проводить работы с образцами, чувствительными к влажности. Инструменты как с отдельными загрузочными шлюзами, так и со стандартными подъемниками могут быть подсоединены посредством герметичного уплотнения к боковой стене или днищу перчаточного ящика.

Использование перчаточного ящика уменьшает возможную опасность при хранении и работе с токсичными, взрывоопасными, кислородо- или влаго-чувствительными прекурсорами.

## Совместимость со сверхвысоким вакуумом (UHV)

Все инструменты АСО PICOSUN™ могут быть изготовлены в вариантах, совместимых с требованиями сверхвысокого вакуума (UHV) путем интеграции с камерой откачки или посредством модификации самого инструмента с возможностью его откачки до сверхвысокого вакуума (UHV). Сверхвысоковакуумные инструменты АСО могут быть интегрированы с другими устройствами по осаждению частиц, а также с аналитическим оборудованием, что позволяет получить высококачественное сопряжение между плёнками АСО и полупроводниками III-V.





Все инструменты ACO PICOSUN™ интегрируемы с перчаточными ящиками различных типов. Подобная интеграция идеально подходит, например для исследований и производств органических светодиодов (OLED).



