

**ТЕХНИКО-КОММЕРЧЕСКОЕ
ПРЕДЛОЖЕНИЕ
КП 15.04.2026_семинар**

**НА ПРОВЕДЕНИЕ ЗАКРЫТОГО СЕМИНАРА ПО ТЕМЕ
«ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА ОТ ПОМЕЩЕНИЙ ДО СТАТЬИ»**

Предлагаю подготовить и провести очный Закрытый Семинар с учетом направлений и потребностей Заказчика, включающий цикл Лекций, и научно-экспериментальных работ на действующем оборудовании. Указанные работы позволяют специалистам Заказчика освоить особенности работы с вакуумной техникой, установками нанесения покрытий и др. современным оборудованием.

Исполнитель использует для Семинара наработки, автором которых он является:

1. Нагреватель вакуумный (входит в патент на изобретение № 2762700)
2. Вакуумное оборудование для разработки новых материалов полупроводниковых приборов. Безруков И.А. и др. Форум «Микроэлектроника» 2022.
3. Комплекс ноу-хау по созданию высокотехнологичных электровакуумных систем и оборудования
4. Стабилизация скорости напыления и контроль толщины покрытий при формировании фотоприемных и светоизлучающих структур. Безруков И.А. и др. ФОТОНИКА 2025: Тезисы докладов Российской конференции и школы молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых), Новосибирск, 8-12 сентября 2025 г. / ИФП СО РАН. – М. : Издательство "Перо", 2025. – 160 с.

Содержание Семинара, включая лекции, обсуждения и практические научно-экспериментальные работы

День 1. Введение в вакуумные технологии и основы безопасности

Цели дня:

- освоить базовое понимание вакуумных технологий, их значимости и областей применения, а также выработать устойчивые навыки безопасного обращения с вакуумным оборудованием и работы в чистых помещениях;
- получить комплексное понимание конструкции, принципов работы и эксплуатации вакуумных систем, включая навыки измерений давления, диагностики неисправностей и обслуживания оборудования.

Теоретическая часть

Блок 1. Введение: зачем нужен вакуум и вакуумные технологии

- Фундаментальные принципы вакуума
- Ключевые преимущества вакуумных технологий

Блок 2. Области применения вакуума в промышленности и исследованиях

- Какие преимущества высокого вакуума в приборостроении
- Микроэлектроника и полупроводники
- Оптика и фотоника
- Материаловедение
- Медицина и биотехнологии
- Аэрокосмическая промышленность

Блок 3. Основы безопасности при работе с вакуумным и технологическим оборудованием

- Основные опасности
- Средства защиты
- План действий при аварийных ситуациях

Блок 4. Основы вакуумной техники

- Физические основы вакуума: определение, диапазоны давлений (низкий, средний, высокий, сверхвысокий вакуум)
- Типы вакуумных насосов, их характеристики и применение
- Элементы вакуумной системы
- Принципы откачки
- Измерение вакуума

Блок 5. Чистые и вакуумные помещения

- Зачем нужны чистые помещения
- Влияние загрязнений
- Классификация чистых помещений (ISO 1–9): требования к персоналу, одежде, материалам
- Поддержание чистоты: фильтрация воздуха, контроль частиц, антистатические меры
- Материалы для чистых помещений и вакуумных камер: разрешённые и запрещённые

Блок 6. Загрязнения объема вакуумных установок

- Влияние загрязнений на уровень вакуума и свойства покрытий
- Адсорбция и десорбции воды и других газов со стенок камеры.
- Органические загрязнения
- Неорганические загрязнения
- Методы очистки загрязнений

- Прогрев вакуумной камеры. Нагрев ускоряет процесс десорбции воды и других газов со стенок камеры.

Методы прогрева:

- внешние нагревательные ленты, инфракрасные лампы, термомехлы;
- прогрев всей камеры целиком / локальный прогрев.

Блок 7. Конструкция и компоненты вакуумных систем

- Основные элементы вакуумной системы
- Компоновка системы

Блок 8. Методы измерения вакуума

- Типы датчиков давления
- Калибровка и коррекция показаний
- Анализ остаточного газа

Блок 9. Диагностика и устранение неисправностей

- Типичные проблемы вакуумных систем
- Методы поиска утечек
- Устранение неисправностей
- Мониторинг системы в реальном времени

День 2. Газовая система и ионный источник. Введение в вакуумные технологии и основы безопасности

Цели дня:

- сформировать комплексное понимание устройства, принципов работы и эксплуатации газовых систем вакуумных установок и ионных источников, включая навыки диагностики, обслуживания и оптимизации их работы;
- закрепить знания первого дня на практике.

Теоретическая часть

Блок 1. Газовые системы вакуумных установок

- Компоненты газовой системы
- Типы используемых газов и их применение
- Системы подготовки газа
- Безопасность при работе с газами

Блок 2. Ионные источники: принципы работы и применение

- Типы ионных источников
- Физические принципы работы
- Параметры ионного пучка
- Применение в вакуумных технологиях

Блок 3. Диагностика и обслуживание ионных источников

- Типичные неисправности
- Методы диагностики
- Обслуживание и ремонт
- Оптимизация работы

Практическая часть

Упражнение 1. Монтаж фланцевых соединений разных типов

- Сборка соединений ISO-K, ISO-F, CF, KF

- Подбор уплотнителей под конкретные условия работы
- Контроль дефектов уплотняемых поверхностей
- Затяжка болтов с контролем момента (использование динамометрического ключа)
- Визуальный контроль качества сборки

Знакомство с оборудованием и первичная проверка безопасности

- Осмотр вакуумной установки
- Подготовка к работе

Упражнение 2. Сборка и настройка вакуумной системы

- Подготовка компонентов
- Сборка системы
- Проверка клапанов, пневматики

Упражнение 3. Сборка и настройка газовой системы

- Подготовка компонентов
- Монтаж системы
- Настройка и проверка

Упражнение 4. Запуск и диагностика ионного источника

- Запуск предварительной откачки
- Запуск высоковакуумной откачки
- Подготовка к запуску ИИ
- Запуск разряда
- Оптимизация

Упражнение 5. Обслуживание ионного источника и устранение неисправностей

- Демонтаж источника
- Чистка компонентов
- Юстировка системы
- Сборка и проверка

Упражнение 6. Моделирование аварийных ситуаций и отработка действий

Упражнение 7. Калибровка датчиков давления и анализ кривых откачки

- Калибровка датчиков
- Запись кривых откачки
- Анализ аномалий

Упражнение 8. Поиск и устранение утечек

- Подготовка к диагностике
- Поиск утечек
- Устранение проблем
- Проверка результата

Упражнение 9. Чистка вакуумной камеры и работа в чистом помещении

- Подготовка инструментов и материалов для чистки
- Пошаговая процедура очистки камеры
- Тренировка входа/выхода в чистое помещение
- Отработка правил обращения с материалами в чистом помещении

Упражнение 10. Обслуживание вакуумных насосов

День 3. Системы напыления. Магнетрон, резистивный и электронно-лучевой испаритель (ЭЛИ).

Реактивное распыление. Ионное ассистирование. Системы контроля покрытий. Подготовка образцов и автоматизация вакуумных процессов

Цели дня:

- изучить механизмы распыления материалов и кинетику осаждения покрытий, научиться выбирать методы и параметры процесса для получения требуемых свойств покрытий;
- освоить технологии реактивного распыления и ионного ассистирования, научиться применять системы контроля покрытий для оптимизации процессов напыления.
- освоить методы подготовки образцов к напылению (химическая очистка, отжиг, обезгаживание) и изучить принципы автоматизации технологических процессов с интеграцией роботизированных систем в кластерные вакуумные установки.

Теоретическая часть

Блок 1. Магнетронные системы напыления

- Конструкция и компоненты
- Физические принципы
- Режимы работы
- Преимущества и ограничения

Блок 2. Резистивные испарители

- Типы испарителей
- Физические процессы
- Параметры процесса
- Преимущества и ограничения

Блок 3. Электронно-лучевые испарители (ЭЛИ)

- Конструкция ЭЛИ
- Физические процессы
- Режимы работы
- Преимущества и ограничения

Блок 4. Реактивное распыление: основы и применение

- Физические принципы
- Режимы работы
- Типичные проблемы
- Примеры применения

Блок 5. Ионное ассистирование: технологии и эффекты

- Принцип работы
- Эффекты ионного ассистирования
- Параметры оптимизации

Блок 6. Системы контроля покрытий: методы и интеграция

- In-situ методы
- Ex-situ методы
- Автоматизация процессов

Блок 7. Подготовка образцов перед напылением

- Химические методы очистки подложек
- Отжиг и подогрев подложек в вакууме
- Оценка качества подготовки

Блок 8. Автоматизация технологических процессов

- Роботизированные системы для вакуумных технологий
- Кластерные системы
- Системы управления

Блок 9. Интеграция и безопасность

- Безопасность автоматизированных систем
 - Целесообразность применения
-

День 4-5.

Цели дней:

- закрепить навыки третьего дня, углубить технологические навыки нанесения различных покрытий

Практическая часть

Подготовка образцов

Упражнение 1. Интеграция систем контроля

- Калибровка приборов
- Автоматизированная оптимизация
- Верификация

Упражнение 2. Отжиг и обезгаживание в вакууме

- Настройка системы
- Процесс отжига
- Мониторинг

Упражнение 3. Настройка и эксплуатация магнетронной системы

- Подготовка оборудования
- Эксперимент
- Диагностика

Упражнение 4. Работа с резистивным испарителем

- Подготовка испарителя
- Процесс напыления
- Диагностика

Упражнение 5. Эксплуатация электронно-лучевого испарителя

- Настройка ЭЛИ
- Напыление
- Обслуживание

Упражнение 6. Наладка системы реактивного распыления

- Подготовка оборудования
- Эксперимент
- Диагностика

Упражнение 7. Ионное ассистирование при напылении

- Настройка ионного источника
- Процесс напыления
- Анализ результатов

Упражнение 8. Сравнительный анализ методов напыления

- Подготовка образцов
 - Напыление одного материала тремя методами
 - Диагностика покрытий
 - Анализ результатов
-

№ п/п	Наименование товара	Технические характеристики услуги	Страна происхождения товара	Ед. изм.	Кол-во	Код по ОКПД 2 (Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014)
1	2	3	4	5	6	7
1	Закрытый семинар по теме «Вакуумная техника от помещений до статьи»	Освоить базовое понимание вакуумных технологий, их значимости и областей применения, а также выработать устойчивые навыки безопасного обращения с вакуумным оборудованием и работы в чистых помещениях. Получить комплексное понимание конструкции, принципов работы и эксплуатации вакуумных систем, включая навыки измерений давления, диагностики неисправностей и обслуживания оборудования.	Россия	шт	1	85.41.99.900

Стоимость подготовки и проведения Закрытого Семинара с НДС 5%: 340 000 рублей.

Протяженность занятий не менее 40 часов за 5 дней, с 18 по 22 мая.

Организатор Семинара предоставляет всё необходимое оборудование и комплектующие для теоретического и практического проведения семинара на группу до 4 человек в количестве 1 комплекта на человека.

По итогам семинара участникам предоставляются Сертификаты участника.

Условия оплаты:

Оплата 30% от стоимости Товара в течение 7 (Семь) рабочих дней со дня заключения договора и получения от Исполнителя счета на оплату работы;

70% от стоимости работы подлежит оплате в течение 7 (Семь) рабочих дней со подписания Сторонами товарной накладной или УПД на основании счета/акта о выполненных работах, и предоставления всех необходимых документов.

Место проведения Семинара г. Новосибирск, очно.

Срок действия предлагаемой цены - до 30 мая 2026 г.

Индивидуальный предприниматель, к.т.н.

Безруков Иван Андреевич

630117, г. Новосибирск,

ул. Российская, д. 8, кв. 32

ОГРНИП 313547626600111

ИНН 540410920240

Р/с 40802810844050098761 в Сибирском банке Сбербанка России г. Новосибирск

БИК 045004641

Тел. +7913-918-10-52



Безруков И.А.