

TL-OMNI

Универсальная установка электроформования и электроспрея



Установка TL-OMNI предназначена для получения нановолоконных материалов методом электроформования, а также для процессов электроспрея. Оборудование объединяет двойную высоковольтную систему положительной и отрицательной полярности, 6-канальную систему подачи раствора, трехосевую систему перемещения, сменные фильеры и широкий набор коллекторов.

TL-OMNI относится к универсальным установкам формата all-in-one: система поддерживает работу с различными сопловыми узлами, коллекторами и дополнительными технологическими модулями. Оборудование применяется для получения плоских и трубчатых нановолоконных мембран, композиционных волокон, ориентированных структур, волоконных лент, нанопряжи, коротких волокон, нано- и микросфер, а также материалов, получаемых сочетанием электроформования и электроспрея.



Конструкция и состав системы

В состав TL-OMNI входят следующие основные узлы:

- рабочая камера с изолирующими внутренними стенками;
- двойная высоковольтная система положительной и отрицательной полярности;
- 6-канальный шприцевой насос с независимым управлением каналами;
- система управления на базе сенсорного экрана и кнопок быстрого доступа;
- трехосевая система интеллектуального перемещения;
- набор сменных фильер и сопловых систем;
- сменные коллекторы для плоских, трубчатых и ориентированных структур;
- система контроля температуры и влажности;
- осушитель рабочей камеры;
- опциональный безтуманный увлажнитель;
- беспылевой нагреватель;
- система автоматической очистки игл;
- приточно-вытяжная система;
- система безопасности и многоточечного заземления.

Конструкция TL-OMNI построена с вынесением функциональных компонентов за пределы рабочей зоны. Это снижает влияние посторонних электрических полей, повышает равномерность электрического поля внутри камеры и помогает получать более однородные нановолоконные материалы. В оригинальной документации отдельно указаны высокая чистота внутреннего пространства, равномерное поле и возможность работы с 16–32 иглами для производственных задач.

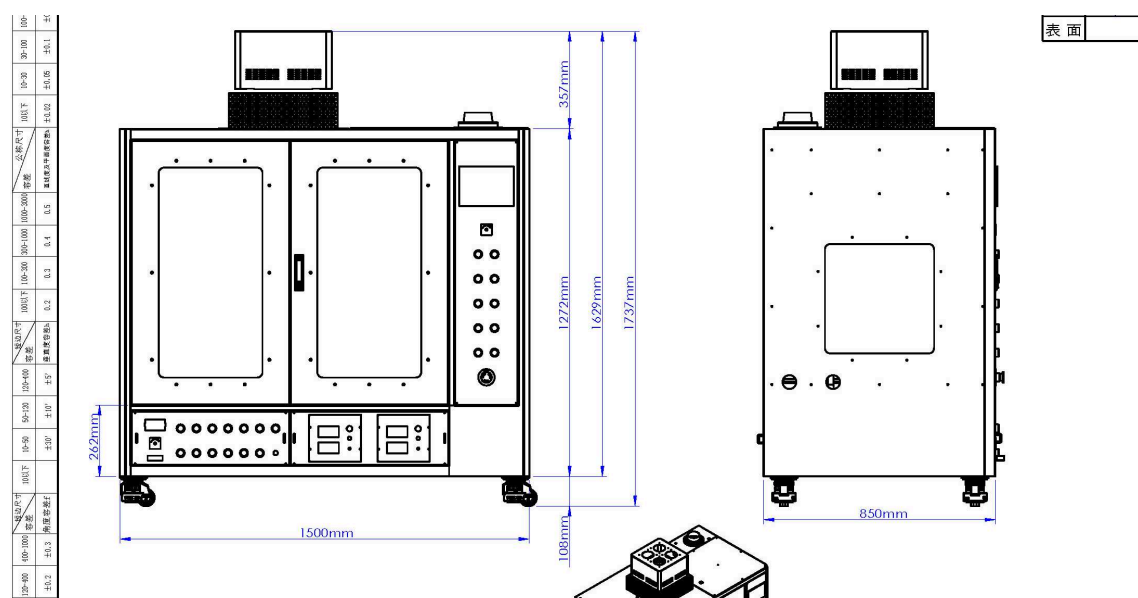
ПРИНЦИП РАБОТЫ

Рабочий раствор подается из шприцев к фильере с помощью программируемого 6-канального насоса. На фильере подается высокое напряжение. Под действием электрического поля раствор вытягивается в струю, растворитель испаряется, а сформированные волокна или частицы осаждаются на выбранный коллектор.

В режиме электроформования установка формирует нановолоконные мембраны, трубчатые структуры, ориентированные волоконные материалы и композиционные волокна.

В режиме электроспрея система может использоваться для получения дисперсных частиц, нано- и микросфер, а также для нанесения материала на подложку или в жидкую среду при использовании соответствующих модулей.

Трехосевая система перемещения обеспечивает согласованное движение фильеры и коллектора. Для равномерного формирования мембраны фильера перемещается вдоль осевого направления коллектора; движение и параметры процесса задаются через сенсорный экран, а данные могут быть записаны и просмотрены повторно.



Исполнения TL-OMNI



TL-OMNI

Базовое универсальное исполнение для электроформования и электроспрея. Оснащается двойной высоковольтной системой, 6-канальными шприцевыми насосами, трехосевой системой перемещения, сенсорным управлением, регистрацией данных и возможностью работы с широким набором фильер и коллекторов.

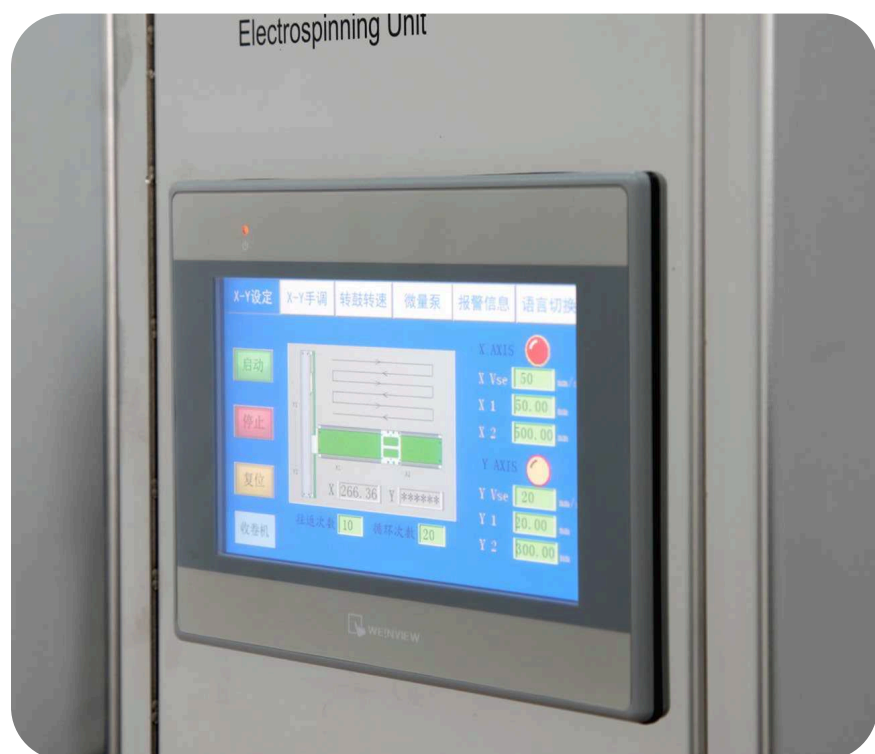


TL-OMNI-BM

Биомедицинское исполнение TL-OMNI. Отличается корпусом из нержавеющей стали, фильерами и коллекторами из SS316, повышенной стойкостью к кислотным растворителям и соответствием требованиям GMP для биофармацевтических чистых помещений. Остальные характеристики соответствуют TL-OMNI.

Система управления

Установка оснащена сенсорным экраном и кнопками быстрого доступа. Через сенсорный интерфейс оператор задает параметры высоковольтного питания, подачи раствора, перемещения фильеры, работы коллекторов и дополнительных модулей.



Система управления обеспечивает:

- управление всеми рабочими параметрами через сенсорный экран;
- индивидуальное управление высоковольтным источником;
- запись технологических параметров более чем за один месяц;
- сохранение и быстрый вызов рабочих рецептов;
- управление часто используемыми функциями через физические кнопки;
- запись, хранение и экспорт данных процесса.



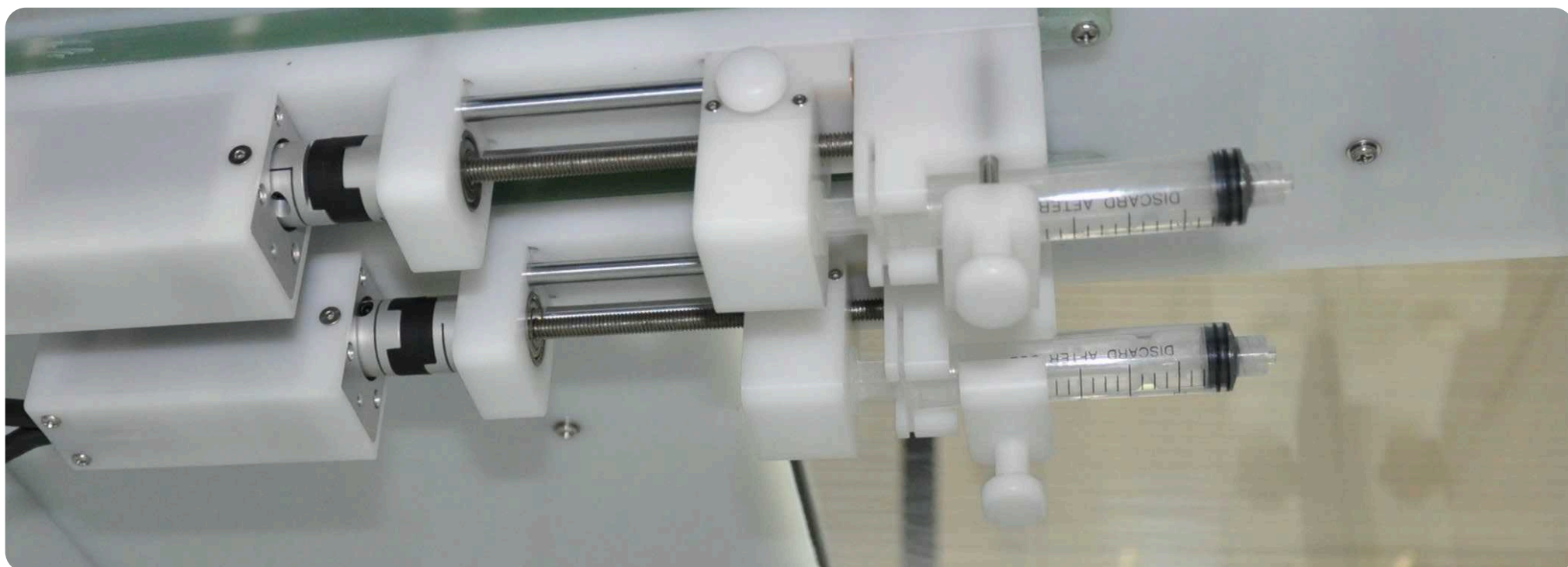
Высоковольтная система

TL-OMNI оснащается двойной высоковольтной системой с диапазоном $\pm 30-50$ кВ. Выходное напряжение регулируется непрерывно и линейно. Высоковольтный источник может управляться локально, дистанционно с компьютера или через сенсорную систему управления.

В системе предусмотрены:

- высокая стабильность и точность;
- защита от перенапряжения;
- защита от перегрузки по току;
- защита от дугового разряда;
- защита от короткого замыкания;
- функции пуска и останова;
- металлический корпус с электрическим экранированием;
- низкий уровень электромагнитных помех;
- устойчивость к внешним помехам.

Система подачи раствора



В TL-OMNI используется 6-канальный шприцевой насос. Каждый канал управляется независимо и может работать с собственным расходом подачи. Насос имеет изолированную конструкцию, устойчивую к воздействию высоковольтной статической электричности.

Основные особенности:

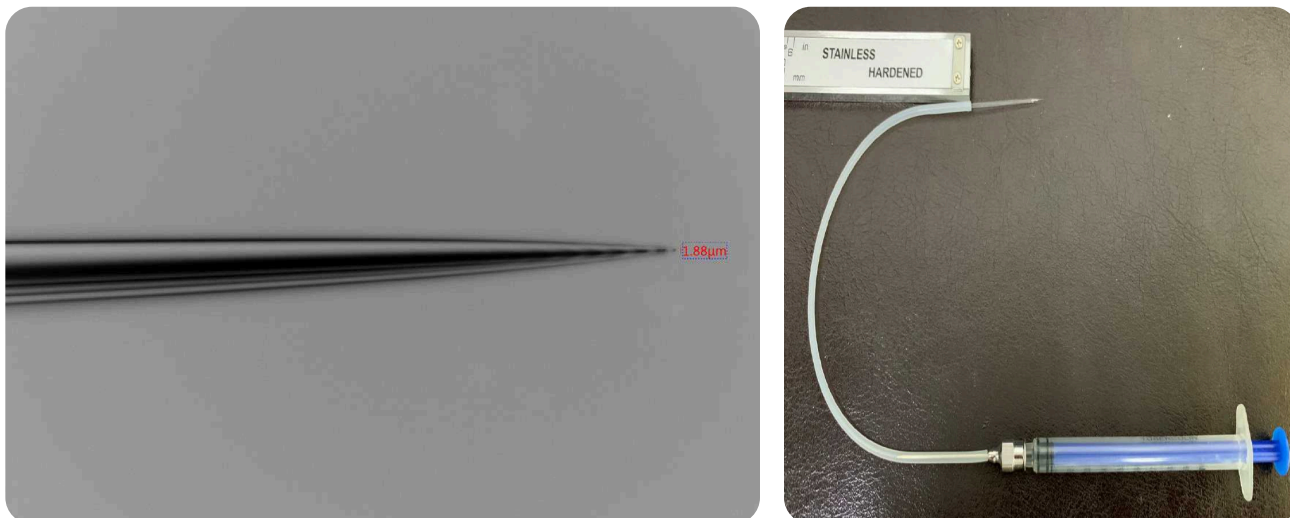
- 6 независимо управляемых каналов;
- возможность модернизации до 8–12 каналов;
- сервомоторный привод;
- высокая точность подачи;
- возможность работы с высоковязкими жидкостями;
- запись и просмотр параметров процесса через сенсорный экран.



Фильеры и сопловые системы

TL-OMNI поддерживает различные сменные фильеры и сопловые системы. Все фильеры могут заменяться и оснащаются специальными изолированными держателями. Установка также оснащается интеллектуальной системой перемещения фильеры.

МИКРОМЕТРОВАЯ ИГЛА

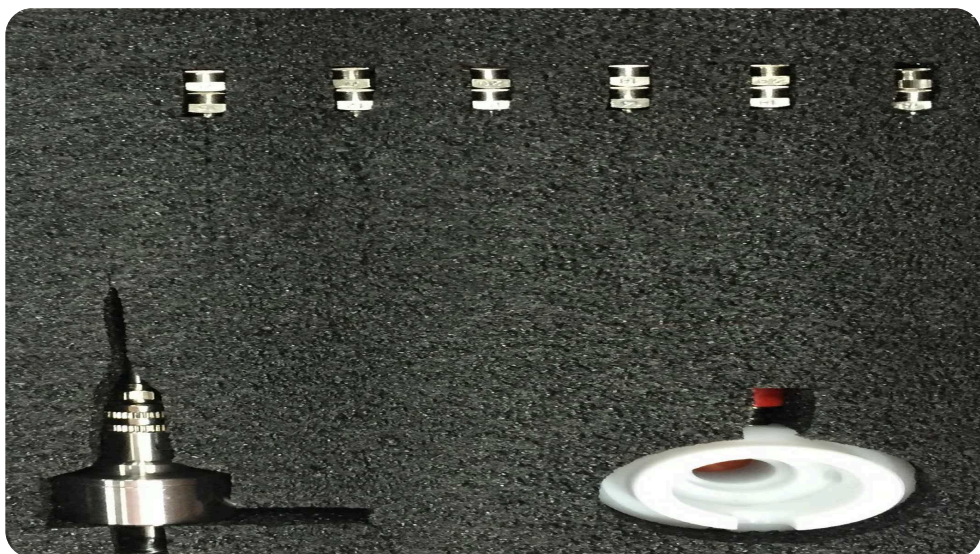


Микрометровые стеклянные иглы применяются для низковязких жидкостей, получения ультратонких волокон и задач ближнепольного прямого письма. Диаметр игл — 1–45 мкм, минимальный внутренний диаметр — 1 мкм.

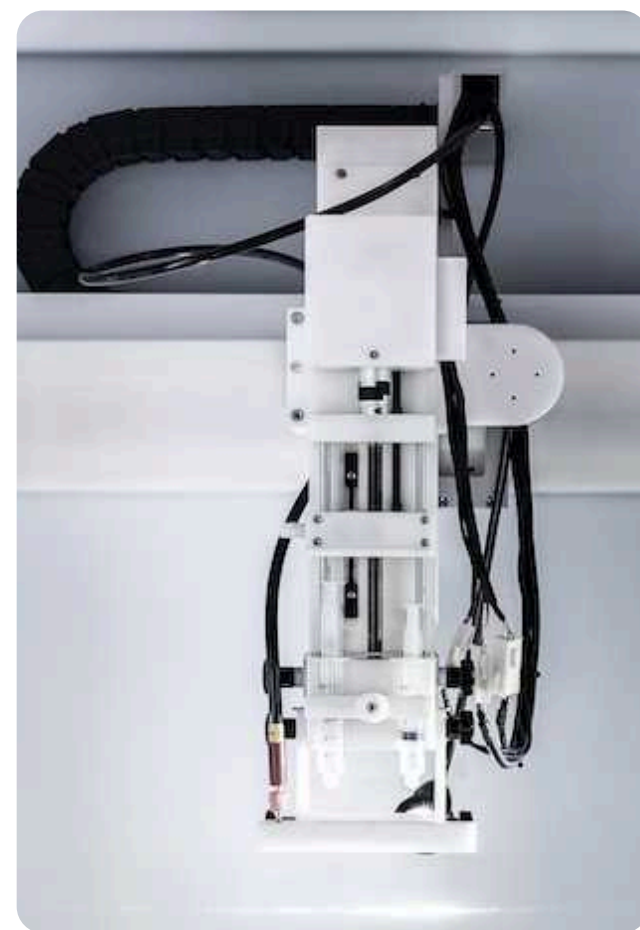
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ БЕЗТРУБОЧНАЯ ФИЛЬЕРА

Параллельная безтрубочная фильера комплектуется шприцевым насосом и двухканальным безтрубочным сопловым узлом. Шприц напрямую соединяется с иглой, что снижает потери материала. Для эксперимента достаточно 0,5 мл раствора. Система позволяет одновременно формовать два материала и получать композиционные структуры.

КОАКСИАЛЬНАЯ ФИЛЬЕРА



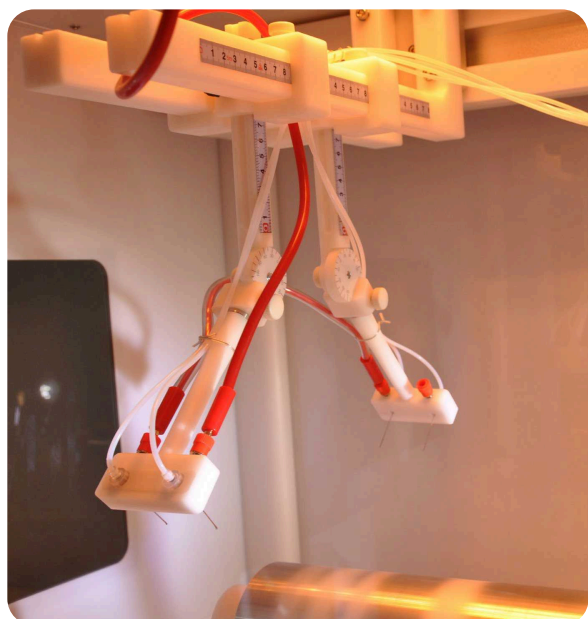
Коаксиальная фильера оснащается 5 наборами внутренних и внешних игл разных типоразмеров. Внутренние и внешние иглы могут заменяться. Конструкция обеспечивает соосность каналов, сниженное стартовое напряжение и может применяться как фильера с воздушной поддержкой.



Фильтры и сопловые системы

V-ОБРАЗНАЯ ДВУХСОПЛОВАЯ СИСТЕМА

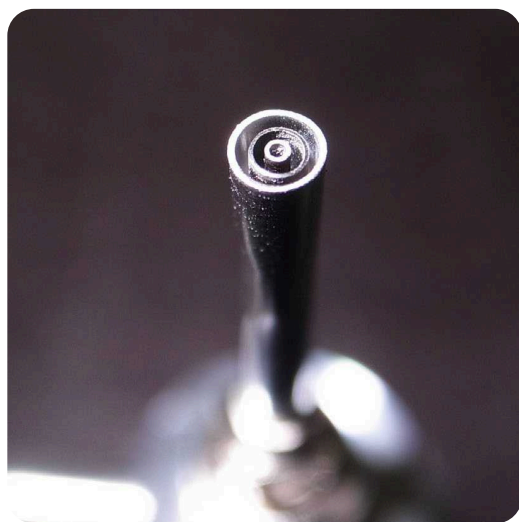
V-образная система рассчитана на 8–16 сопел. Она применяется для повышения выхода процесса и равномерного формирования пленки. Иглы могут работать при одинаковом напряжении либо при напряжениях разной полярности для конъюгированного электроформования. Также возможна схема, при которой одна сторона выполняет электроформование, а другая — электроспрей.



КОНЪЮГИРОВАННАЯ ФИЛЬЕРА

Конъюгированная фильера использует две параллельные иглы, подключенные к положительному и отрицательному высокому напряжению. Такая схема нейтрализует остаточный заряд на приемнике, уплотняет структуру мембраны и позволяет получать композиционные материалы из двух разных растворов.

ТРЕХОСНАЯ ФИЛЬЕРА

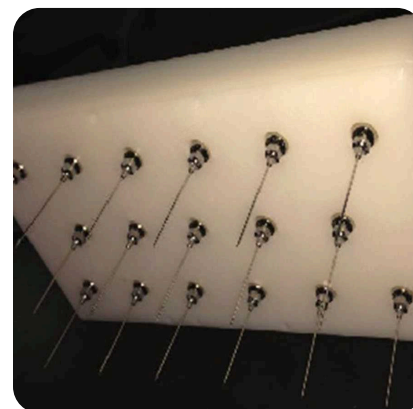
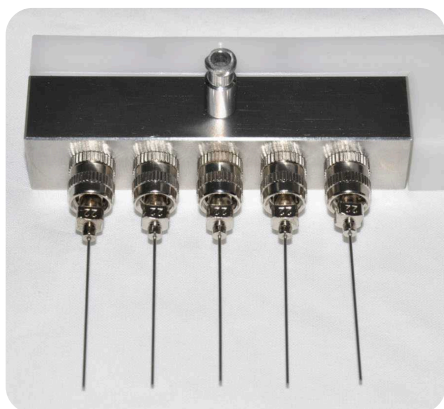


Трехосная фильера предназначена для работы с тремя каналами. Внутренние, средние и внешние иглы могут заменяться. Конструкция используется для получения многокомпонентных волокон и работает с трехканальным шприцевым насосом.



ЛИНЕЙНЫЕ, КОЛЬЦЕВЫЕ И МАТРИЧНЫЕ МНОГОСОПЛОВЫЕ СИСТЕМЫ

Опциональные многосопловые системы построены по схеме «один вход — N выходов» и используются для повышения производительности электроформования.

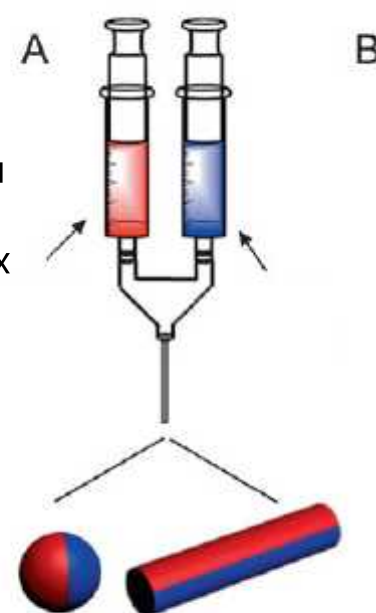


Фильеры и сопловые системы

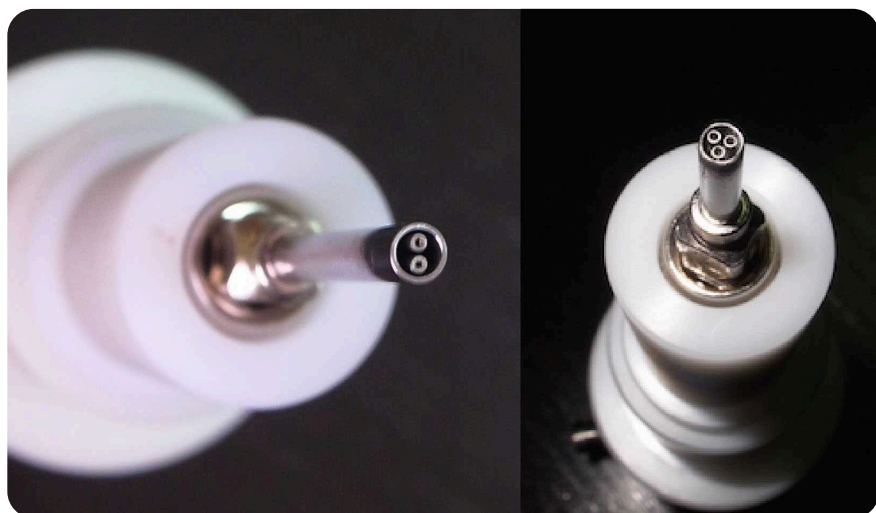


SIDE-BY-SIDE ФИЛЬЕРА

Фильера side-by-side использует два независимо управляемых канала и предназначена для получения композиционных волоконных мембран из разных материалов. В комплект входят 5 наборов игл разных размеров; поддерживаются стандартные иглы.



МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ISLAND-ФИЛЬЕРЫ



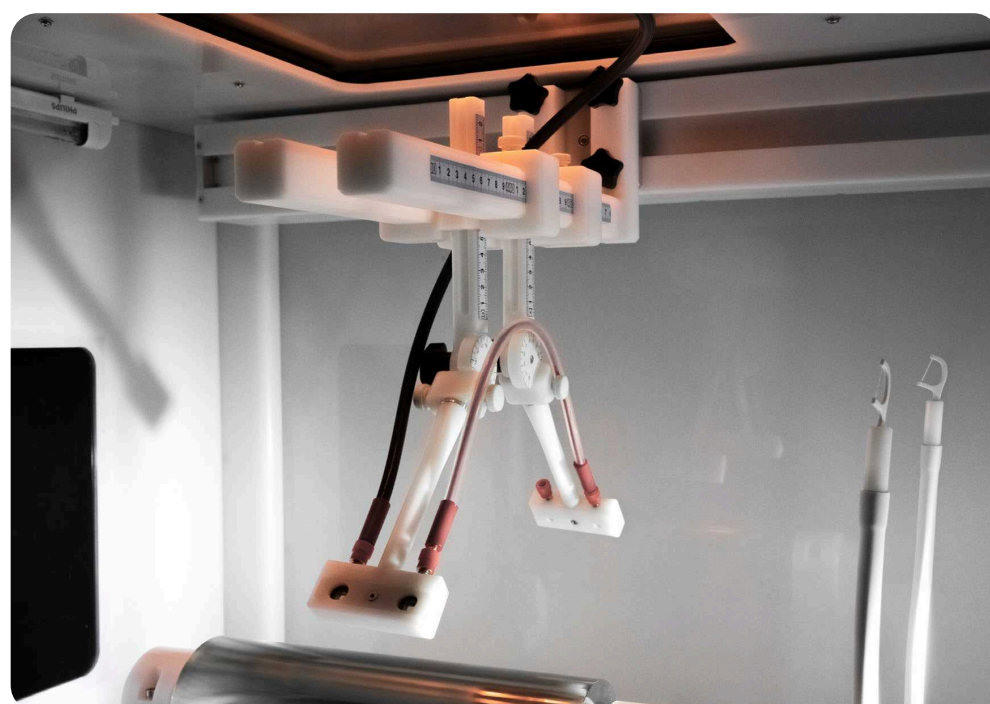
Многоканальные island-фильеры предназначены для получения композитных волокон сложной структуры. Доступны двухканальные и трехканальные варианты, где каждый канал может подавать отдельный полимерный раствор.

СИСТЕМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ФИЛЬЕРЫ

Система перемещения TL-OMNI обеспечивает движение по осям X и Z. Фильера сканирует вдоль осевого направления коллектора, что позволяет получать равномерную нановолоконную мембрану.

Параметры:

- система перемещения: X-Z;
- ход сканирования: 600 мм;
- скорость сканирования: 1–40 мм/с;
- настройка перемещения через сенсорный экран;
- возможность просмотра данных перемещения;
- перемещение по оси Z: программное, вверх/вниз;
- ход по Z: 200 мм.



СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ИГЛ

TL-OMNI может оснащаться устройством автоматической онлайн-очистки игл. Узел очищает иглы без остановки процесса. Частота очистки регулируется. Устройство совместимо с основными типами фильер, применяемыми в системе.



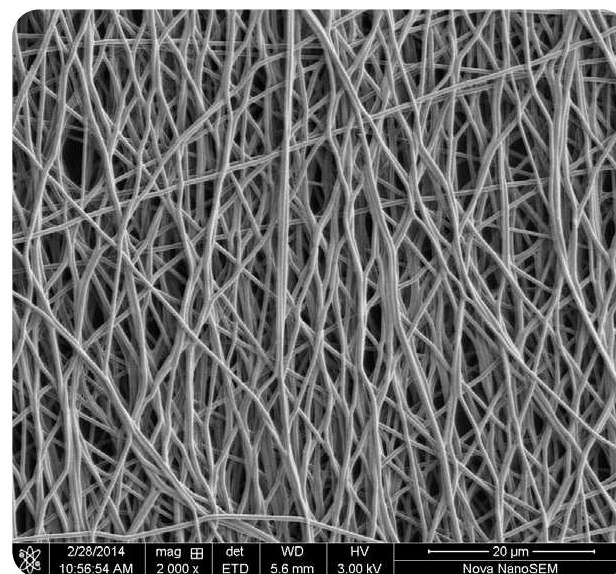
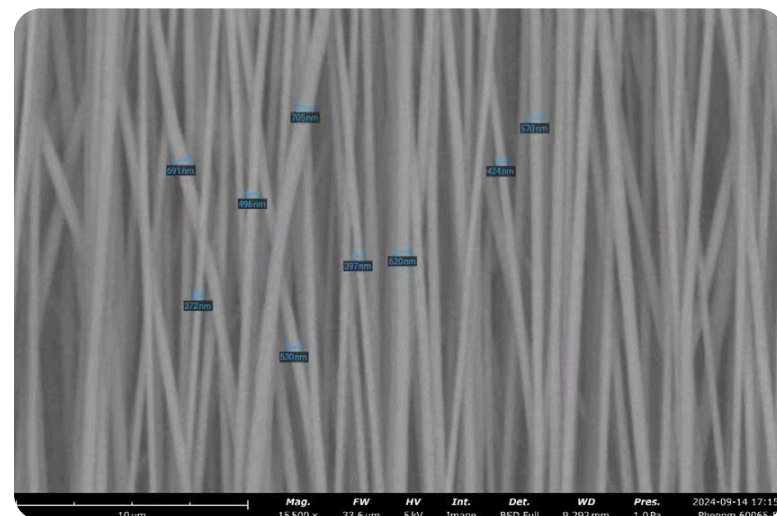
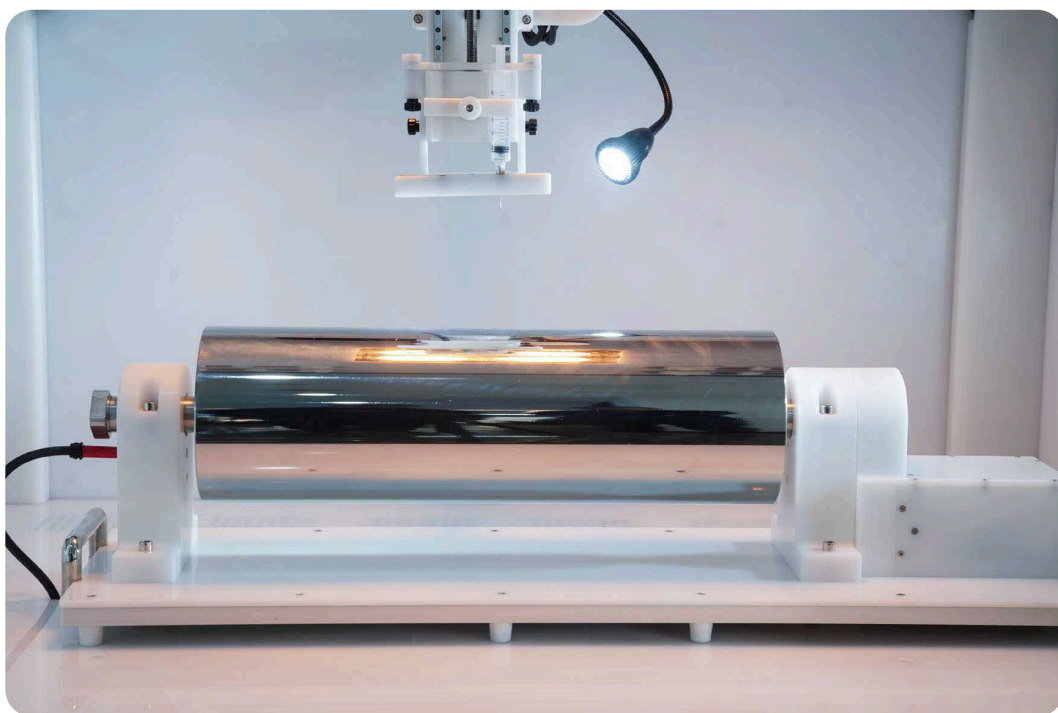
Коллекторы

ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ВРАЩАЮЩИЙСЯ КОЛЛЕКТОР

Используется для получения плоских мембран с хаотичной или ориентированной укладкой волокон.

Параметры:

- скорость вращения: 1–5000 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- длина ролика: 300 мм;
- диаметр ролика: 100 мм;
- развернутый размер мембраны: 300 × 314 мм.

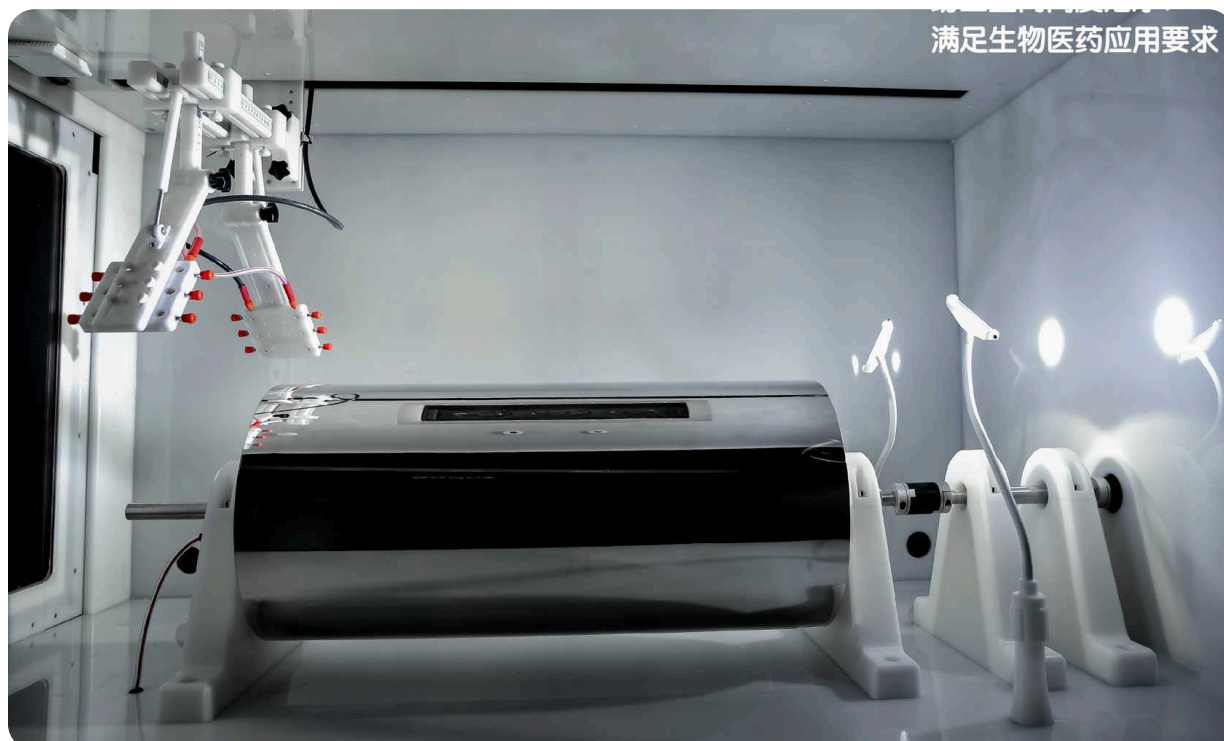


ВРАЩАЮЩИЙСЯ КОЛЛЕКТОР Ø159 MM

Коллектор предназначен для получения плоских мембран размером до 500 × 500 мм.

Параметры:

- скорость вращения: 1–600 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- длина ролика: 500 мм;
- диаметр ролика: 159 мм.



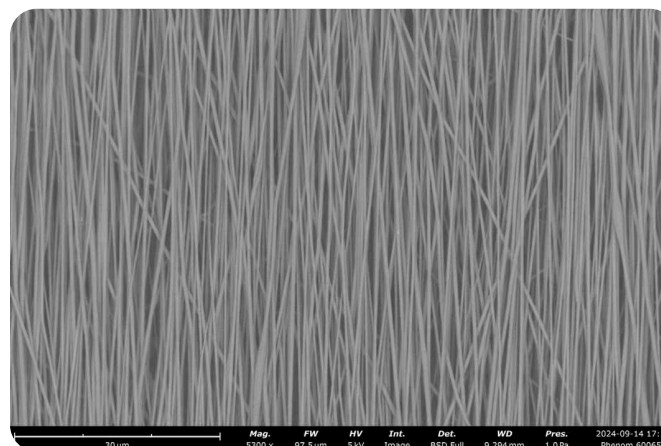
Коллекторы

ДИСКОВЫЙ ВРАЩАЮЩИЙСЯ КОЛЛЕКТОР

Дисковый коллектор используется для сбора ленты нановолокон на острой кромке диска. Это один из способов получения наиболее направленных волоконных структур.

Параметры:

- скорость вращения: 1–5000 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- диаметр диска: 180 мм;
- кромка: острая / плоская;
- развернутая длина волоконной ленты: 565 мм.

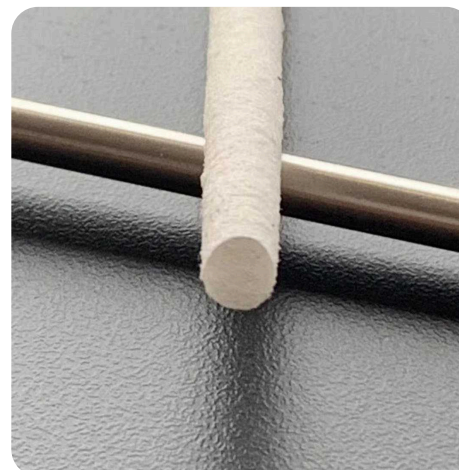


ОПРАВКИ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ МЕМБРАН

Тонкая оправка используется для получения полых трубчатых мембран, в том числе структур типа искусственных сосудов.

Параметры:

- диаметр оправки: 1–30 мм;
- длина оправки: 500 мм;
- толщина стенки трубчатой структуры: от 1 мкм до нескольких миллиметров;
- диаметр нановолокна: 100 нм – 1 мкм.



СУПЕРОРИЕНТИРУЮЩИЙ ПРОВОЛОЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР

Коллектор предназначен для получения узких плоских мембран с высокой степенью ориентации.

Параметры:

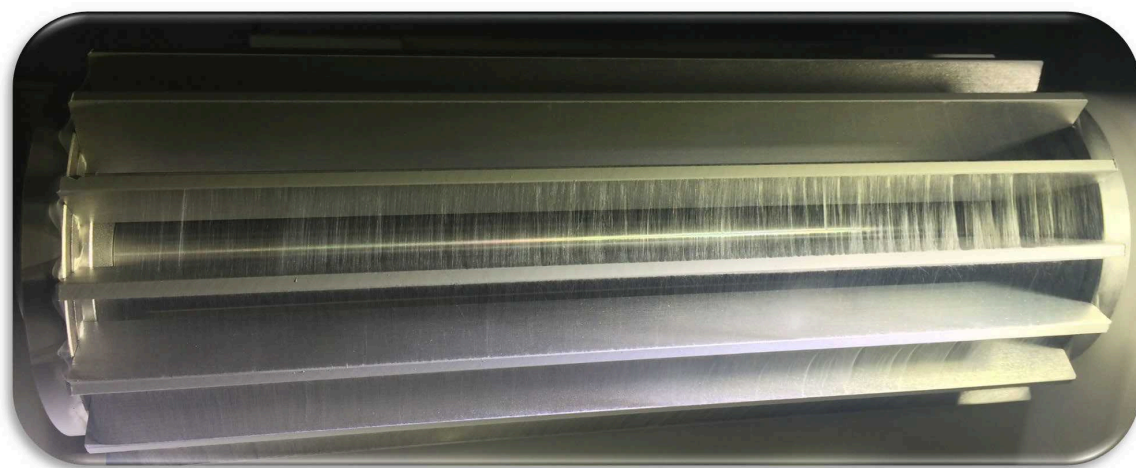
- скорость вращения: 1–5000 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- размер ролика: $\varnothing 140 \times 50$ мм;
- развернутый размер мембраны: 439×50 мм.



Коллекторы

КОЛЛЕКТОР С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Коллектор клеточного типа с параллельными электродами применяется для сбора ориентированных нановолокон при низкой скорости вращения. Полученная структура может переноситься на другие носители.



Параметры:

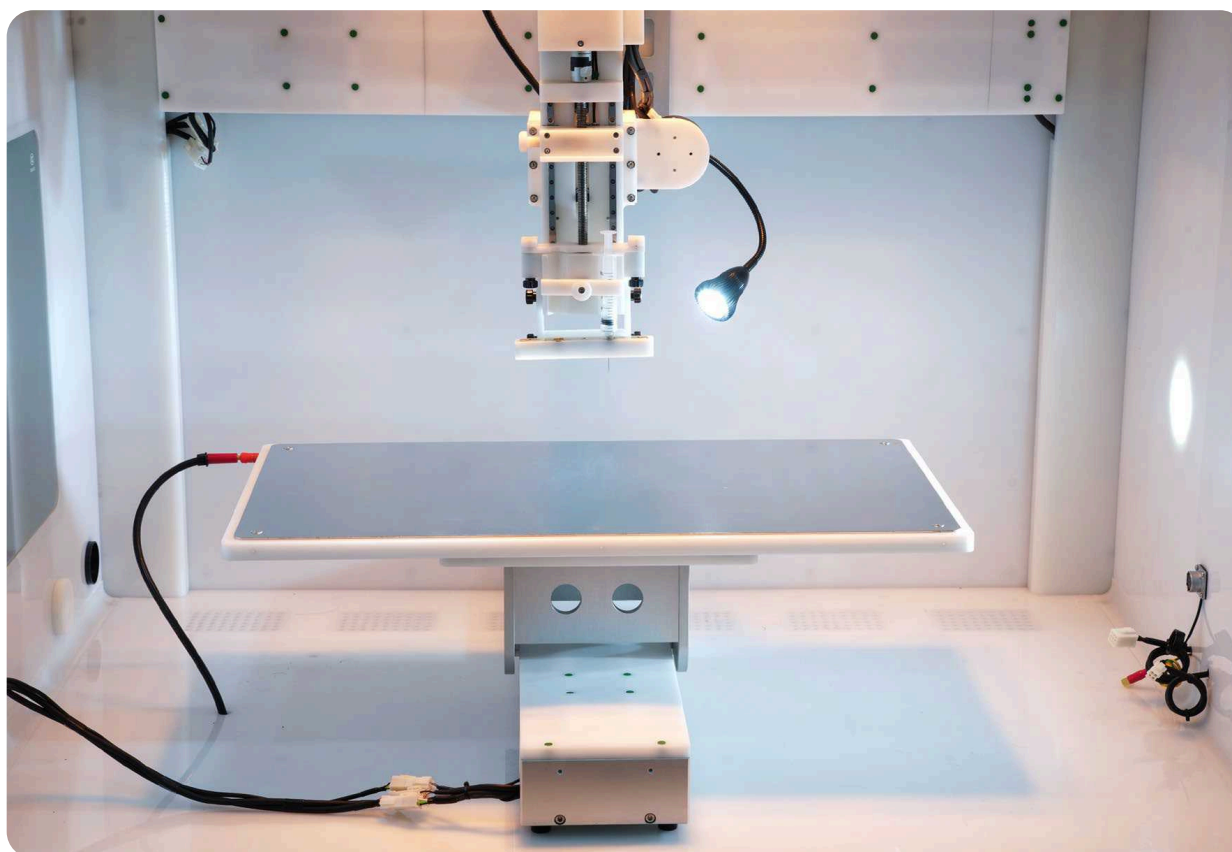
- диаметр: 110 мм;
- длина: 300 мм;
- скорость: 1–150 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- расстояние между пазами может изготавливаться под задачу.

ПЛОСКИЙ КОЛЛЕКТОР / ХУ-ПЛАТФОРМА

Плоский коллектор применяется для сбора волокон на несворачиваемых подложках и для задач формирования по заданной траектории.

Параметры:

- повторяемость: < 50 мкм;
- ход X/Y: 300 × 300 мм;
- ввод данных: CAD-формат или программный ввод;
- управление: ручка + блок управления;
- передача: синхронный ремень, шаговый двигатель;
- питание: 220 В, 50/60 Гц;
- скорость: 0–40 мм/с;
- материал: изоляционный пластик.



Системы контроля среды



ОСУШЕНИЕ

Система осушения поддерживает влажность внутри рабочей камеры за счет мягкой циркуляции сухого воздуха. Стандартный компактный компрессор снижает внутреннюю влажность примерно до 30%. Опциональный усиленный осушитель позволяет снизить влажность до 20%.

УВЛАЖНЕНИЕ

Опциональный безтуманный увлажнитель применяется для задач, где требуется повышенная влажность среды. Диапазон контроля влажности — 50–80%. Принцип холодного испарения исключает образование водяного тумана, который мог бы оседать на коллекторе.

Параметры увлажнителя:

- диапазон влажности: 50–80%;
- габариты: 214 × 214 × 545 мм.

БЕСПЫЛЕВОЙ НАГРЕВАТЕЛЬ

Беспылевой нагреватель видимого света размещается снаружи рабочей камеры. Он обеспечивает равномерный нагрев, не создает зон накопления пыли и не влияет на распределение электрического поля. Диапазон нагрева — от комнатной температуры до 45 °С.



ИОНИЗИРУЮЩИЙ ВЕНТИЛЯТОР

Ионизирующий вентилятор применяется как вспомогательный узел для регулирования зарядового состояния и воздушного потока в зоне формования. Его функции:

- нейтрализация избыточного статического заряда;
- снижение прилипания волокон;
- повышение равномерности осаждения;
- снижение дефектности волокон;
- уменьшение риска накопления статического электричества;
- стабилизация процесса за счет влияния на поток воздуха и испарение растворителя.



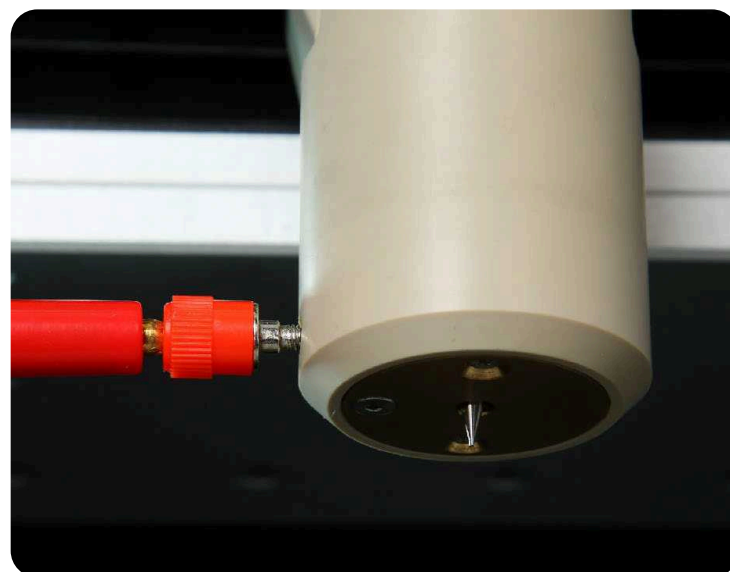
Дополнительные технологические модули

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ФИЛЬЕРА

Опциональная высокотемпературная фильера используется для прямого письма расплавом и нагрева небольшого объема материала.

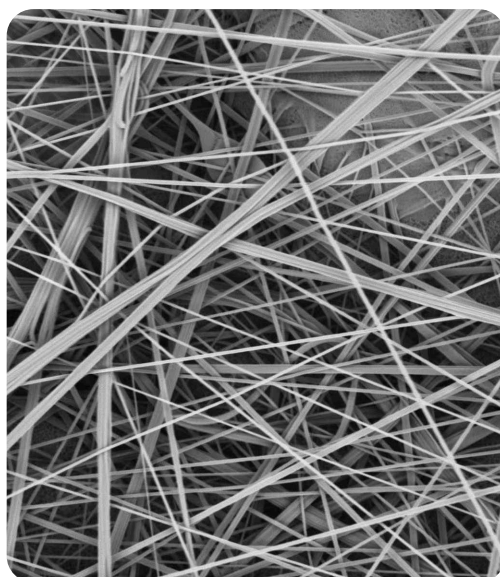
Параметры:

- диапазон температуры: от комнатной температуры до 150 °С;
- допустимое высокое напряжение: ≤ 25 кВ;
- шприц: стеклянный, 5 мл.



УСТРОЙСТВО АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

Модуль объединяет воздушный поток и высоковольтное электростатическое поле. Используется для получения разных морфологий волокон: мембран, толстых волоконных матов, 3D-структур типа «вата», коротких волокон. В документации указано, что по сравнению с обычным электроформованием производительность может быть увеличена примерно в 20 раз.



УСТРОЙСТВО ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ

Модуль предназначен для сбора равномерно диспергированных нано- и микросфер, коротких волокон и других форм нановолоконных материалов.

Состав:

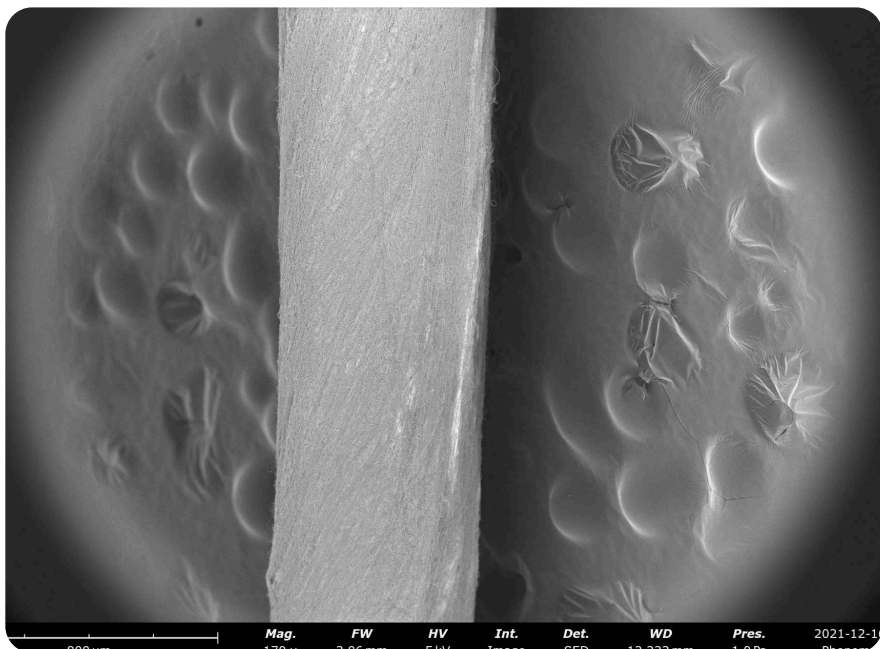
- магнитная мешалка;
- изолирующее основание;
- сопло для микросфер и держатель;
- вспомогательный электрод;
- 2 вращающиеся водяные ванны диаметром 130 мм и 180 мм;
- высота водяной ванны: 55 мм.



Дополнительные технологические модули

УСТРОЙСТВО ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПРЯЖИ

Модуль используется для подготовки нанопряжи с сердечником или без сердечника, а также для получения толстых волоконных матов.



КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ФИЛАМЕНТОВ

Коллектор наносит слой нановолоконной мембраны на поверхность филамента произвольного диаметра.

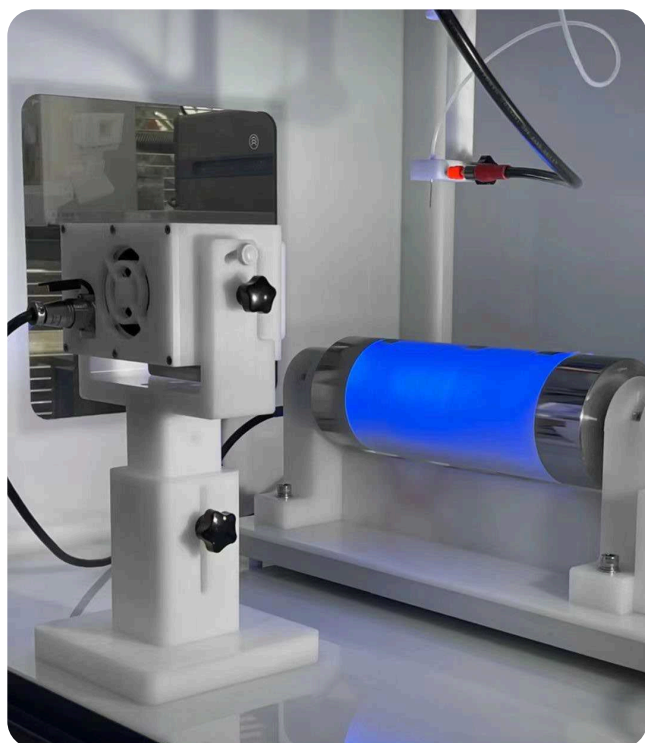


Параметры:

- диаметр филамента: 10–1000 мкм;
- скорость вращения: 1–5000 об/мин;
- точность скорости: ± 1 об/мин;
- привод: двойное питание, двойной моторный привод;
- управление: независимый контроллер, бесступенчатая регулировка скорости.



Дополнительные технологические модули



УФ-ОТВЕРЖДЕНИЕ

Модуль УФ-отверждения предназначен для автоматического онлайн-отверждения материалов в процессе формирования.

Параметры:

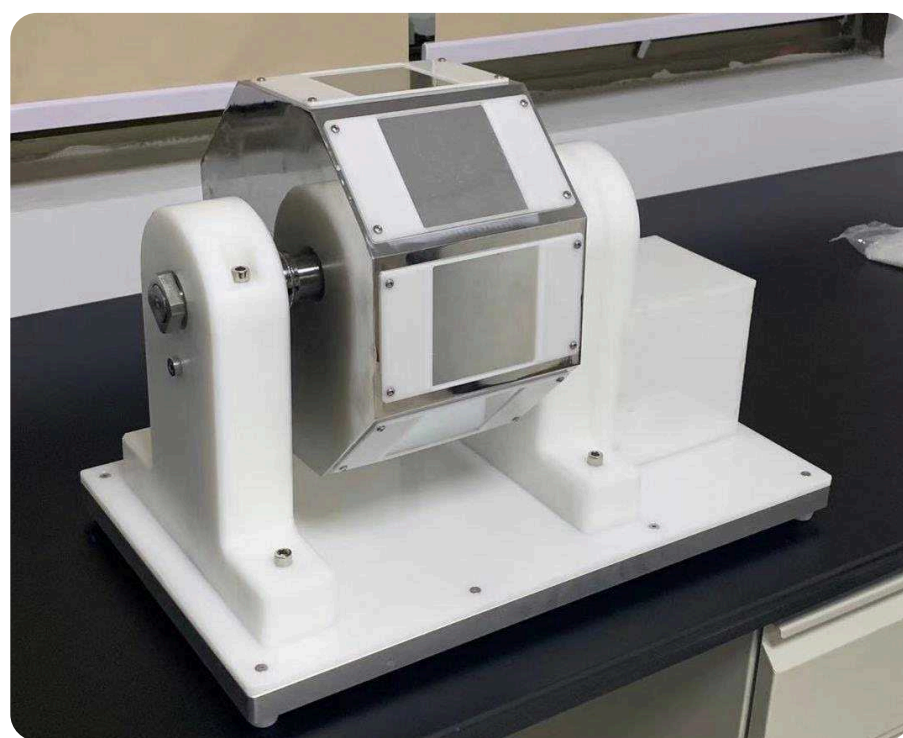
- основной пик длины волны: 365 нм;
- размер зоны освещения: 30 × 25 мм × 2;
- УФ-мощность: ≥ 420 мВт/см²;
- мощность лампы: 240 Вт;
- установленная мощность: 290 Вт;
- охлаждение: воздушное.

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ

Модуль центробежного электроформования использует совместное действие центробежной силы и электростатического поля для вытягивания полимерного раствора из сопла. Диаметр прядильного диска — 650 мм.

Для TL-OMNI предусмотрены дополнительные модули:

- высокотемпературная фильера до 150 °С для прямого письма расплавом;
- устройство получения нанопряжи;
- устройство получения наночастиц и коротких волокон;
- коллектор для ультратонких филаментов диаметром 10–1000 мкм;
- устройство аэродинамического электроформования;
- устройство перекрестной укладки волокон;
- roll-to-roll коллектор непрерывного действия;
- магнитный коллектор;
- УФ-отверждение;
- центробежное электроформование;
- крупноформатное плоское ротационное формование;
- система микроскопического наблюдения;
- ионизирующий вентилятор.



Система безопасности

TL-OMNI оснащается системой защиты оператора и оборудования.

В систему входят:

- кнопка аварийной остановки;
- автоматическое отключение при перенапряжении;
- автоматическое отключение при перегрузке по току;
- автоматическая защита питания;
- отключение высоковольтного питания при открытии двери рабочей камеры;
- заземление корпуса;
- заземление источника питания;
- заземление микронасоса;
- заземление проволочного коллектора;
- многоточечная схема заземления.



Таблица технических характеристик

Таблица 1. Общие параметры, исполнения и управление TL-OMNI			
Параметр		Значение	
Производитель		Tong Li Tech Co Limited	
Модель		TL-OMNI / TL-OMNI-BM	
Тип оборудования		Универсальная установка электроформования и электроспрея	
Технологии		Электроформование / электроспрей	
Концепция		All-in-one, совместимость с аксессуарами Tong Li	
Производственная конфигурация		До 16–32 игл	
Основные задачи		Получение нановолоконных мембран, трубчатых структур, композиционных волокон, частиц и специальных волоконных материалов	
Габариты установки		1500 × 850 × 1272 мм; высота с верхним модулем — 1737 мм	
Исполнения			
Параметр		TL-OMNI	TL-OMNI-BM
Основное исполнение		Универсальная установка электроформования	Биомедицинское исполнение
Корпус		Рабочая камера с изолирующими внутренними стенками	Полностью нержавеющий корпус
Материал фильер и коллекторов		По конфигурации	SS316
Стойкость к кислотным растворителям		Стандартная	Повышенная
Применение в чистых помещениях		По условиям эксплуатации	Соответствие требованиям GMP для биофармацевтических чистых помещений
Высоковольтная система и управление			
Параметр		Значение	
Высоковольтная система		Двойной высоковольтный источник	
Диапазон напряжения		±30–50 кВ	
Регулировка напряжения		Непрерывная линейная	
Управление		Локальное / дистанционное / через сенсорный экран	
Защита		Перенапряжение, перегрузка по току, дуговой разряд, короткое замыкание	
Система управления		Сенсорный экран + кнопки быстрого доступа	
Запись параметров		Более 1 месяца	
Сохранение рецептов		Быстрый вызов сохраненных режимов	
Система подачи и перемещения			
Параметр		Значение	
Тип насоса		6-канальный шприцевой насос	
Управление каналами		Независимое	
Привод		Сервомотор	
Модернизация насоса		До 8–12 каналов	
Система перемещения		X-Z	



Таблица технических характеристик

Таблица 2. Перемещение, фильеры и коллекторы TL-OMNI

Параметр	Значение
Ход сканирования	600 мм
Скорость сканирования	1–40 мм/с
Ход по Z	200 мм
Управление перемещением	Через сенсорный экран

Фильеры и сопловые системы

Параметр	Значение
Основные типы фильер	Безтрубчатая, микрометровая, коаксиальная, трехосная, V-образная, конъюгированная, island, side-by-side
Микрометрические иглы	1–45 мкм
Минимальный внутренний диаметр	1 мкм
Безтрубчатая фильера	Минимальный объем раствора 0,5 мл
Коаксиальная фильера	5 наборов внутренних и внешних игл
Трехосная фильера	Для трехканального насоса
V-образная система	8–16 сопел
Многосопловые системы	Линейные / кольцевые / матричные, опция
Автоматическая очистка игл	Онлайн-очистка с регулируемой частотой

Коллекторы

Параметр	Значение
Вращающийся коллектор Ø159 мм	Ø159 × 500 мм
Размер плоской мембраны	До 500 × 500 мм
Скорость коллектора Ø159 мм	1–600 об/мин
Высокоскоростной коллектор	Ø100 × 300 мм
Скорость высокоскоростного коллектора	1–5000 об/мин
Дисковый коллектор	Ø180 мм
Длина волоконной ленты	565 мм
Суперориентирующий коллектор	Ø140 × 50 мм
Оправки	Ø1–30 мм, длина 500 мм
Коллектор с параллельными электродами	Ø110 × 300 мм
Плоский коллектор / XY-платформа	Ход 300 × 300 мм, повторяемость <50 мкм



Таблица технических характеристик

Таблица 3. Контроль среды, дополнительные модули и безопасность TL-OMNI

Параметр	Значение
Осушение	До около 30% влажности
Усиленное осушение	До около 20% влажности, опция
Увлажнение	50–80%, опция
Габариты увлажнителя	214 × 214 × 545 мм
Нагрев	От комнатной температуры до 45 °С
Высокотемпературная фильера	До 150 °С, опция
Roll-to-roll коллектор	Ширина 250–500 мм, длина полотна 50–100 м
УФ-отверждение	365 нм, ≥420 мВт/см²
Центробежное электроформование	Диск Ø650 мм
Коллектор филаментов	10–1000 мкм
Ионизирующий вентилятор	Опция

Безопасность

Параметр	Значение
Аварийная остановка	Да
Автоматическое отключение при перенапряжении	Да
Автоматическое отключение при перегрузке по току	Да
Отключение ВВ-питания при открытии двери	Да
Заземление корпуса	Да
Заземление источника питания	Да

