



ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«УНИВЕРСИТЕТ «ДУБНА»

## ЛАБОРАТОРИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК



## СОДЕРЖАНИЕ

ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	2
НАНЕСЕНИЕ ТОНКИХ СЛОЕВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ.....	3
ВАКУУМНОЕ НАПЫЛЕНИЕ.....	4,5
ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛЕНКИ.....	6
МИКРОПРОФИЛОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТИ.....	7
СБОРКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ КНОПОЧНОГО ТИПА.....	8
СБОРКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ПЛАНАРНОГО ТИПА.....	9
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ МАТЕРИАЛОВ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ. ТЕРМООБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ.....	10
ХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МАТЕРИАЛОВ В РЕАКТОРЕ.....	11
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ТОКА.....	12
ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ СПИН-КОАТИНГА.....	13



# ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

## Вискозиметр ротационный Lamy Rheology FIRST RM

Вискозиметр ротационный Lamy Rheology First RM предназначен для измерения динамической вязкости и реологических характеристик жидкостей и пастообразных смесей в условиях лаборатории.

Вискозиметр может применяться в пищевой, фармацевтической, косметической, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности.



### Характеристики:

- Диапазон измерения динамической вязкости: от 3 до 156·10<sup>6</sup> мПа·с
- Количество скоростей вращения: 21
- Диапазон скоростей вращения: от 0,3 до 250 об/мин
- Диапазон «крутящего момента» (измеряемых моментов силы сопротивления): от 0,05 до 10 мН·м
- Диапазон измерения температуры (встроенным датчиком): от 0 до +120 °С
- Пределы допускаемых значений относительной погрешности измерения вязкости с системой ASTM: ±10%
- Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности при измерении температуры: ±0,5 °С

# НАНЕСЕНИЕ ТОНКИХ СЛОЕВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ

## Установка электростатического спреевого осаждения ESPRAYER ES-2000S2A

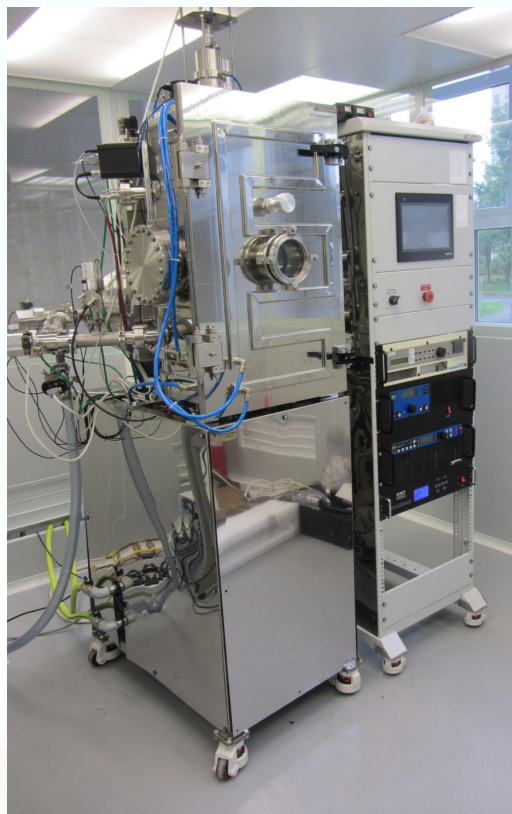
Установка позволяет создавать тонкие слои на подложке при помощи контролируемого по скорости распыления жидкого вещества под действием электростатических сил. Установка может быть использована для создания нановолокон, тонких слоев на подложке, покрытия частиц, микроструктурирования поверхности и т.д.



### Характеристики:

- Модуль высокого напряжения от 3 кВ до 30 кВ
- Величина потока от 0,1 мкл/мин до 1000 мкл/мин
- Ток на форсунке – до 30 мкА
- Напряжение на форсунке – до 30 кВ
- Объем шприца – 5 мл
- Максимальное количество шприцов - 2
- Расстояние от шприца подложки до форсунки – от 50 мм до 250 мм
- Запыляемая область подложки не более 200 x 200 мм
- Движение распылителя (X,Y) – в диапазоне 200 Ч 200 мм
- Контролируемое движение распылителя (по оси Z) - от 50 до 200 мм
- Движение столика со скоростью от 0.1 мм/с до 100 мм/с
- Возможность контролируемого создания трафарета на поверхности подложки из не более 99 точек
- Возможность нагрева до температуры в диапазоне от 20°C до 60°C
- Измерение температуры в диапазоне от 0°C до 99°C с точностью не хуже 2°C
- Измерение влажности в диапазоне от 2 % до 100 % с точностью не хуже 5 %

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ В ЛАБОРАТОРИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК



Многофункциональный комплекс на базе трех вакуумных напылительных систем VSR300 (РОБВАК, Россия) предназначен для вакуумного напыления на образцы тонких слоев материалов. Комплекс оборудования размещен в чистой комнате «Ламинар-С», создающей 6 класс чистоты воздуха. Каждая система настроена на один из методов напыления: метод вакуумного термического испарения, метод магнетронного распыления, метод ВЧ магнетронного распыления, метод ионно-лучевого распыления. Комплекс позволяет создавать электрооптические, многослойные однородные и градиентные покрытия с заданными толщинами каждого слоя при

- напылении металлических материалов;
- напылении диэлектрических материалов;
- напылении полупроводниковых материалов

## Используемое основное оборудование (общие характеристики)

Предельное давление (достигается при откачке чистой камеры, при предварительном вентилировании сухим азотом и прогреве камеры до 200°C в течении трех часов)	3,5x10 <sup>-7</sup>	мбар
Максимальный нагрев камеры ТЭНами	250	°C
Скорость откачки турбомолекулярным насосом	700	л/с
Скорость откачки форвакуумным насосом	20	м3/ч
Количество термопар (вид термопары К)	2	шт.
Карусельный механизм вращения подложки (образцов)	да	

## 1. Вакуумная полуавтоматическая система резистивного напыления на платформе VSR300 (дополнительные характеристики)

Количество резистивных испарителей (из них один одновременно работающий)	3	шт.
Мощность блока питания резистивного испарителя	2,5	кВт
Режим непрерывной работы на токе более 200А	10 (перерыв 20)	мин
Длина лодочек для резистивного испарителя	100	мм

## 2. Вакуумная полуавтоматическая система с протяженными магнетронами на платформе VSR300 (дополнительные характеристики)

Максимальный нагрев подложки	800	°C
Максимальный расход регулятора расхода газа (РРГ)	100	ст. см <sup>3</sup> /мин
Количество РРГ	2	шт.
Количество одновременно подаваемых газов	2	шт.
Ионный источник для очистки 100x400мм	1	шт.
Количество магнетронов	2	шт.
Размер мишени	100x400	мм
Толщина мишени	10	мм
Тип материала мишени	не ферромагнетик	

## 3. Вакуумная многофункциональная полуавтоматическая система с круглыми магнетронами на платформе VSR300 для формирования слоев металлов, полупроводников и оксидов (дополнительные характеристики)

Максимальный нагрев подложки	800	°C
Максимальный расход регулятора расхода газа (РРГ)	100	ст. см <sup>3</sup> /мин
Количество РРГ	2	шт.
Количество одновременно подаваемых газов	2	шт.
Ионный источник для очистки Ш50мм	1	шт.
Количество магнетронов	2	шт.
Размер мишени	Ш50	мм
Толщина мишени Ш50мм	6	мм
Тип материала мишени	не ферромагнетик	

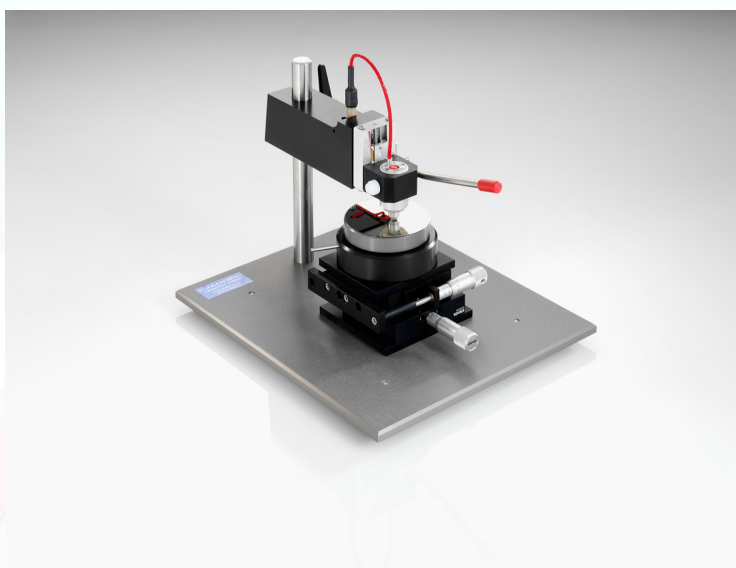
Используемое вспомогательное оборудование  
Комплекс оборудования для чистых и особо чистых помещений «Ламинар-С»-242

### Характеристики

Класс чистоты воздуха в рабочей зоне согласно ГОСТ ИСО 14644-1-2002	6 ИСО	
Принцип работы системы вентиляции комплекса	100% рециркуляция	
Характеристика движения воздуха в рабочей зоне	слаботурбулентный воздушный поток	
Кратность воздухообмена	163	1/ч
Освещенность рабочей зоны комплекса	2170	Лк

# ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛЕНКИ

Система измерения Jandel RMS-EL-Z в комплекте с прибором для измерений электрического сопротивления Jandel RM3000 предназначена для измерения удельного поверхностного сопротивления монокристаллических пленок, расположенных на полупроводниковых подложках р-типа проводимости или на изолированной подложке, резистивных и металлических пленок, расположенных на изолирующих подложках по технологии четырех точек с помощью специальной головки Jandel.

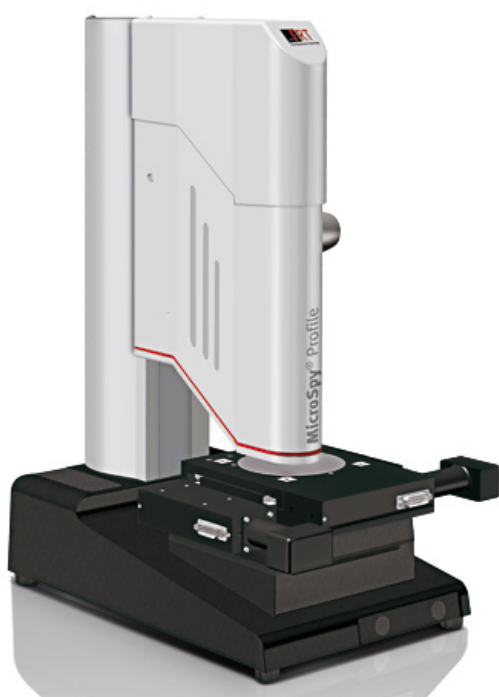


- автоматический/ручной подбор диапазона тока измерения сопротивления;
- быстрота измерения;
- широкий диапазон измеряемого сопротивления;
- автоматическое отключение тока для предотвращения искры;
- удобное регулирование высоты;
- точное регулирование давления на образец с оптимальной скоростью опускания щупа;
- программное обеспечение для операции измерения и чтения результатов.

## Характеристики

Максимальные размеры измеряемого образца, диаметр	250	мм
Максимальная толщина измеряемого образца	150	мм
Диапазон измерения от	1	МОм/□
до	500	МОм/□
Диапазон тока измерения от	10	нА
до	99,99	мА
Точность измерения	0,3	%

Профилومتر MicroSpy® Profile NANOVEA PS50-5nm – оптический прибор для точного измерения топографии поверхностей. Оптическая головка и линейный датчик Nanovea используют луч белого света, который проходит сквозь линзу с высокой степенью хроматической аберрации, что приводит к образованию диапазона измерения по вертикали с закодированной длиной волны. Изображение получается в результате отражения определенной сфокусированной длины волны от поверхности исследуемого образца.



Оснащение прибора программным обеспечением Mark III обеспечивает его применение как оптического профилметра (2D измерение) или метрологического топографического измерительного устройства (3D измерение) с использованием растровой развертки, формирующейся с помощью сканирования за счет перемещения столика. Прибор используется для создания метрологических карт поверхности соответствующих образцов. Шероховатость и волнистость можно определить в 2D или 3D в соответствии со стандартами ISO. Кроме того в формате 2D или 3D можно определить контур деталей. Линейные профили и данные 3D изображения можно представить графически и анализировать. ПО предлагает также различные выводы измерительных

данных на экран, например, вид сверху или 3D поверхности, вращающиеся в пространстве в любом направлении. Можно также выбрать и оценить детальные структуры (функция увеличения).

- большой диапазон измерений по вертикали;
- быстрое измерение;
- измерение площадей и контуров деталей;
- независимость от различной отражающей поверхности образца;
- не нужно предварительно готовить образец к исследованию;
- измерение поверхностей, находящихся под большим углом;
- измерение всех материалов: прозрачных/непрозрачных, отражающих/рассеивающих, отполированных/ грубых;
- минимальная толщина при измерении прозрачных материалов – 7 мкм.
- чувствительность перпендикулярно к поверхности – 5 нм;
- точность измерений перпендикулярно к поверхности – 20 нм;
- диаметр светового пятна – 2 мкм;
- разрешение по плоскости – 1 мкм.

# СБОРКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ КНОПОЧНОГО ТИПА

Комплекс оборудования предназначен для сборки аккумуляторных батарей и суперконденсаторов так называемого «кнопочного» или «монетного» типа с форм-фактором CR2016, CR2025, CR2032. Комплекс позволяет проводить полупромышленный техпроцесс создания источников питания, включающий в себя перемешивание электродной пасты в вакуумном миксере, нанесение с помощью ракельного станка, а также горячую прокатку в пресс-машине горячего прессования.

Список комплекта оборудования для приготовления и сборки источников тока кнопочного типа

- Вакуумный компактный миксер GN-SFM-7
- Аэрограф HARDER AND STEENBECK MINI-JET COLANI
- Ракельный станок для нанесения покрытий DOCTOR BLADE COATER MTI-AFA-II-V
- Пресс-машина горячего прессования MSK-HRP-01
- Шкаф сушильный вакуумный BINDER VD-23
- Бокс перчаточный СПЕКС ГБ02М
- Пресс-формовщик для дисков MTI MSK-T-07
- Гидравлический пресс для формирования кнопочных элементов питания MTI-MSK-110

Список используемого вспомогательного оборудования

- Весы OHAUS EX 224 аналитические с поверкой
- Весы A&D DX-1200 лабораторные с поверкой
- Лабораторная масляная баня
- Ванна ультразвуковая САПФИР 1,3ТТЦ
- Диспергатор T-25 DIGITAL ULTRA-TURRAX

## СБОРКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ПЛАНАРНОГО ТИПА

Комплекс оборудования предназначен для сборки источников питания планарного типа (pouch cell). Получение электродной пасты и ее нанесение производится по стандартной методике с помощью вакуумного миксера, ракельного станка, а также пресс-машины горячего прессования. Вакуумная упаковочная машина позволяет формировать батареи в корпусе из гибкой ламинированной фольги (pouch cell) с максимальными размерами 200x150 мм. Сборка батарей проводится в высокочистой инертной газовой среде в перчаточном боксе.

Список комплекта оборудования для приготовления и сборки источников тока планарного типа

- Вакуумный компактный миксер GN-SFM-7
- Аэрограф HARDER AND STEENBECK MINI-JET COLANI
- Ракельный станок для нанесения покрытий DOCTOR BLADE COATER MTI-AFA-II-V
- Пресс-машина горячего прессования MSK-HRP-01
- Шкаф сушильный вакуумный BINDER VD-23
- Бокс перчаточный СПЕКС ГБ02М
- Устройство для герметичной запайки ячеек в гибкий корпус GELON GN-200

Список используемого вспомогательного оборудования

- Весы OHAUS EX 224 аналитические с поверкой
- Весы A&D DX-1200 лабораторные с поверкой
- Лабораторная масляная баня
- Ванна ультразвуковая САПФИР 1,3ТТЦ
- Диспергатор T-25 DIGITAL ULTRA-TURRAX

# ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ МАТЕРИАЛОВ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ. ТЕРМООБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Комплекс состоит из высокотемпературных печей трубчатого и муфельного типа

## Печь трубчатая STF 15/180/301



Высокотемпературная трубчатая печь позволяет проводить нагрев, отжиг и синтез материалов в контролируемой газовой среде, в том числе в вакууме.

### Характеристики

- Максимальная рабочая температура 1500°C
  - Внешний диаметр используемых рабочих трубок 60 мм
  - Нагреваемая длина рабочей трубки 180 мм
  - Нагревательные элементы из карбида кремния
- Горизонтальная конструкция
  - ПИД-контроллер Carbolite 301, с функцией линейного изменения температуры
  - Таймер отложенного пуска и процесса

## Печь муфельная SNOL 7.2/1300



Электропечь предназначена для сушки и термообработки в воздушной среде при температуре до 1300°C

### Характеристики

- Объем: 7.2 л
- Диапазон автоматического регулирования температуры: 50 – 1300 °C
- Стабильность температуры в установившемся тепловом режиме: +/- 2 °C
- Размеры рабочей камеры не менее:  
 $Ш*Г*В = 200*300*130$  мм

## Лабораторный химический реактор IKA LR-2ST

Система IKA LR-2ST является модульно расширяемым лабораторным реактором, разработанным для воспроизведения и оптимизации химических реакций, а также для перемешивания и гомогенизации в лабораторных масштабах.



### Характеристики

- Полезный объем мин.: 500 мл
- Полезный объем макс.: 2000 мл
- Рабочая температура мин.: температура окружающей среды
- Рабочая температура макс.: 230 °C
- Достижимый вакуум: 25 мбар
- Вязкость: 150000 сПуаз
- Диапазон вращающего момента: 8 – 290 об/мин
- Ход телескопического штатива: 390 мм
- Материал в контакте со средой: Боросиликат. стекло, FFPM, PTFE, сталь 1.4571
- Открытия реакторных сосудов (шт./норма): 3/NS 29/32, 2/NS 14/23

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

## Восьмиканальный анализатор источников питания MTI BST8-MA

Устройство предназначено для тестирования портативных аккумуляторов, а также исследования ресурса электродных материалов. Наличие 8 обособленных каналов, а также держателя для источников питания «кнопочного» типа (CR2016, CR2025, CR2032) позволяет проводить измерения одновременно 8 источников питания.



### Характеристики

- Количество каналов: 8
- Диапазон тока: 0.02 мА – 10мА, точность:  $\pm 0.05\%$
- Диапазон напряжения: 0.5 – 5В, точность:  $\pm 0.05\%$
- Количество циклов измерений: 9999
- Особенность работы: Восемь независимых каналов с возможностью отдельного программирования разных режимов работы

## Комплекс для электрохимических измерений BIO-LOGIC SP200

Комплекс представляет собой два потенциостата/гальваностата BIO-LOGIC SP-200, позволяющих проводить исследования в области определения коррозионных изменений, возобновляемых источников энергии, фундаментальной электрохимии, сенсоров и т.д.



### Характеристики

- Максимальное напряжение:  $\pm 12$  В
  - Диапазон изменения потенциала:  $\pm 10$  В
  - EIS измерение: 3 МГц (1%, 1°) 1 МГц 7 МГц (3%, 3°)
  - Диапазон тока: от 500 мА до 1 мкА
  - Разрешение тока: 760 фА
  - Низкий ток: 6 диапазонов от 100 нА до 1 пА с разрешением 76 фА
  - Режим измерений без заземления прибора
  - Аналоговая фильтрация
  - Плата калибровки
  - Режим полного контроля стабильности (9 диапазонов)
  - Ультранизкий ток: диапазон до 1 пА
- Встроенный EIS анализатор: 10 мГц до 7 МГц
  - Генератор линейной развертки до 1 МВ/с

# ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ СПИН-КОАТИНГА

Комплекс оборудования позволяет выполнять плазменную очистку поверхности подложек и наносить тонкие пленки материалов из растворов на жесткие плоские подложки методом spin-coating. Метод позволяет наносить взвешенные в жидкости частицы или жидкое вещество (например, фоторезист) в виде тонких пленок на плоские подложки за счет растекания раствора прекурсора при центрифугировании по поверхности подложки. Центрифуга SPIN-1200T позволяет подбирать параметры нанесения (скорость вращения, ускорение, время и т.д.) с большой точностью, благодаря чему возможно получение тонких пленок заданной толщины и состава.

## Плазменная система очистки поверхности подложек DEINER ELECTRONIC ATTO I



10,5-литровая лабораторная установка с полуавтоматическим управлением применяется для очистки, активации, а также травления поверхности.

### Характеристики

- Камера: материал стекло, Ш 211 мм, глубина 300 мм
- Объем камеры: ~ 10,5 литра
- Подвод газа: 2 регулятора расхода газа с игольчатыми клапанами
- Генератор: 40 кГц /200 Вт или 13,56 мГц /50 Вт
- Вакуумный насос: 2 м<sup>3</sup>/час

## Центрифуга SPIN-1200T



Настольная лабораторная центрифуга для нанесения жидких материалов на планарные подложки.

### Характеристики

- Толщины наносимых слоев от 1000 Å до 100 нм
- Размер подложек от 5x5 мм до 100 мм в диаметре
- Ручное дозирование раствора
- Держатели подложек с вакуумным или механическим прижимом
- Скорость вращения от 300 до 10000 об/мин +/-1% для не загруженного держателя

Адрес:

ул. Энтузиастов, д.21, Дубна, Московская область,  
141981

Телефон:

8 (49621) 6-60-60, доб.1364

Заведующие лабораторией

КОЛЕСНИКОВ АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ

НАПОЛЬСКИЙ ФИЛИПП СЕРГЕЕВИЧ