

Beam **Система безмасковой литографии**



Руководство по эксплуатации

Введение.....	3
Техника безопасности.....	3
Лазерная безопасность.....	3
Обслуживание	4
Упаковочный лист.....	4
Распаковка и установка	5
Описание	5
Технические характеристики	6
Системные требования	6
Питание	6
Расположение	7
Минимальные требования к хост-компьютеру	7
Вид спереди	7
BEAM ENGINE	8
Вид сзади.....	9
Главное окно XPLOER.....	9
Окно камеры	12
Сочетание клавиш мыши/клавиатуры.....	12
Построение изображения	13
Подготовка и загрузка образцов	13
Загрузка	13
Загрузка GDS	14
Загрузка графических файлов	15
Создание образцов	16
Выравнивание	17
Настройки	18
Выдержка	18
Извлечение образца.....	18
Лазерная блокировка.....	19
Калибровка.....	19
Калибровка положения гальвосканера.....	20
Шаговая калибровка	21
Лазерная калибровка.....	22
Калибровка пространственной мощности	22
Выравнивание основы	22
Калибровка фокуса.....	23
Калибровка автофокуса	23
Калибровка смещения фокуса точечного лазерного луча.....	23
Калибровка автофокуса	23
Калибровка смещения фокуса пятна лазерного луча	24
Диагностика	26

Введение

Техника безопасности

Перед использованием данной системы и любого связанного с ней оборудования, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности. К работе с системой допускается только квалифицированный персонал, который понимает опасность поражения электрическим током и знаком со стандартными процессами литографии. Перед использованием продукта внимательно прочитайте и следуйте всем инструкциям по установке, эксплуатации и техническому обслуживанию. Полные технические характеристики продукта см. в документации пользователя. Если продукт используется не по назначению, то гарантия на него не распространяется.

Типы пользователей продукта:

Ответственное лицо — это лицо или группа лиц, ответственных за использование и техническое обслуживание оборудования, за обеспечение того, чтобы оборудование эксплуатировалось в соответствии с его техническими характеристиками и эксплуатационными ограничениями, а также за обеспечение надлежащего обучения операторов.

Операторы используют продукт по назначению. Они должны быть обучены стандартным процедурам литографии и правильному использованию оборудования.

К работе с системой допускается персонал, ознакомившийся с настоящим руководством по эксплуатации, знакомый с требованиями электробезопасности.

Операторы должны быть крайне осторожны, т.к. существует опасность поражения электрическим током. Американский национальный институт стандартов (ANSI) утверждает, что опасность поражения током существует при наличии напряжения, превышающего 30 В среднеквадратичного значения, 42,4 В пикового значения или 60 В постоянного тока. Хорошая практика безопасности заключается в том, чтобы ожидать, что опасное напряжение присутствует в любой неизвестной цепи до начала измерений. Операторы этого продукта должны быть всегда защищены от поражения электрическим током.

При установке оборудования, где доступ к основному шнуру питания ограничен, например, при монтаже в стойку, в непосредственной близости от оборудования и в пределах легкой досягаемости оператора должно быть предусмотрено отдельное основное устройство отключения питания.

Оборудование и аксессуары должны использоваться в соответствии с его спецификациями и инструкциями по эксплуатации, в противном случае безопасность оборудования может быть нарушена.

Если в изделии используются плавкие предохранители, замените их предохранителями того же типа и класса для обеспечения постоянной защиты от опасности возгорания.

В разделе «ОСТОРОЖНО» в пользовательской документации указаны ситуации, которые могут привести к травмам или летальным исходам. Всегда внимательно изучайте информацию перед началом работы.

В разделе «ВНИМАНИЕ» в пользовательской документации указаны случаи, которые могут привести к повреждению оборудования. Такие повреждения приводят к аннулированию гарантии.

Лазерная безопасность

В процессе работы BEAM использует лазерное излучение мощностью менее 5 мВт для отвердевания УФ-фоторезиста. Для повышения безопасности оператора оборудование

оснащено системой лазерной блокировки, предотвращающей случайное воздействие света с длиной волны 405 нм. Расположенный на нижней стороне передней двери магнитный захват с датчиком может определить, закрыта ли передняя дверь должным образом. Блокировка напрямую подключается к микроконтроллеру и запускает прерывание для отключения выходного тока лазерного диода менее чем за 1 миллисекунду. В нормальных условиях эксплуатации магнитная блокировка не может быть запущена без использования специализированных инструментов, таких как магнитные стальные пластины. Лазер не требует технического обслуживания или калибровки требующих открытия корпуса при включенном лазере. Встроенный фотодиод и камера используются для калибровки и проверки функционирования лазера.

Обслуживание

Перед выполнением технического обслуживания отсоедините сетевой шнур и все тестовые кабели. Перед выполнением любого обслуживания отсоедините сетевой шнур и все тестовые кабели. Чтобы обеспечить защиту от поражения электрическим током и возгорания, замените компоненты в сетевых цепях, включая силовой трансформатор, измерительные провода и входные разъемы. Можно использовать стандартные предохранители с применимыми национальными сертификатами безопасности, если номинал и тип совпадают.

Другие компоненты, не связанные с безопасностью, можно приобрести у других поставщиков, если они эквивалентны исходному компоненту (обратите внимание, что отдельные детали следует приобретать только через BEAM, чтобы обеспечить точность и функциональность продукта). Если вы не уверены в возможности замены компонента, обратитесь к местному представителю.

Очистка оборудования:

1. Используйте влажную ткань или мягкое чистящее средство на водной основе.
2. Очищайте оборудование только снаружи.
3. Не наносите чистящее средство непосредственно на оборудование и не допускайте попадания жидкостей на оборудование.
4. Изделия, состоящие из печатной платы без корпуса или шасси, никогда не требуют чистки, если обращаться с ними в соответствии с инструкциями.
5. Если плата загрязнится и это повлияет на работу, ее следует вернуть на завод для надлежащей очистки и обслуживания.

Контактная информация

Если у вас есть какие-либо вопросы, пожалуйста, свяжитесь с вашим местным представителем.

Упаковочный лист

Благодаря небольшому весу и компактным размерам BEAM поставляется в коробке из гофрированного картона размерами 50 x 50 x 50 см с пенопластовой защитой.

1 x BEAM

1 x BEAM ENGINE

1 x Кабель питания переменного тока x C13 (в комплект поставки входят вилки, соответствующие региону)

1 x Кабель USB 3.0 типа B длиной 2 метра

1 x Краткое руководство

1 x Отчет о заводских приемочных испытаниях

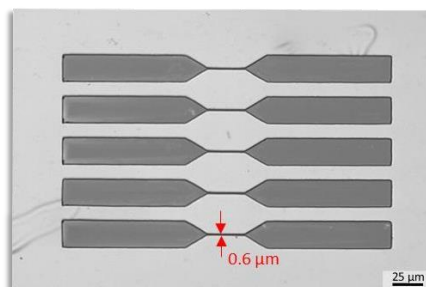
1 x предварительно настроенный ноутбук с международной гарантией (опционально)

Распаковка и установка

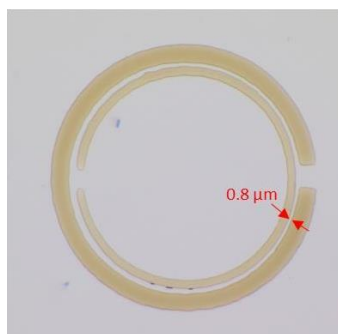
Инструкция по распаковке см. в кратком руководстве по эксплуатации, поставляемом вместе с системой.

Описание

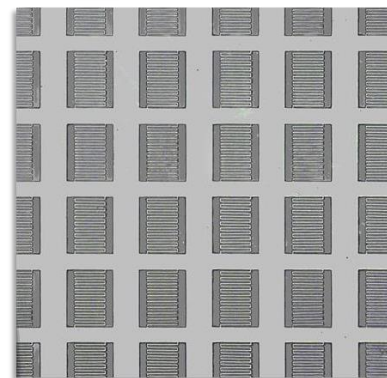
ВЕАМ — это полнофункциональная компактная система безмасочной УФ-литографии, предназначенная для быстрого создания прототипов нано- и микро-устройств. Безмасочная литография позволяет создавать наношаблоны по своему усмотрению без необходимости использования медленных и дорогих фотомасок. Это удобно особенно полезно для исследований и быстрого создания прототипов. ВЕАМ дополняет существующие преимущества, перенося их на рабочий стол без ущерба для производительности.



0.8 µm tapered middle section with 20 × 90 µm contact pads on the side.
Resist used: AZ5214E



Metallized asymmetric split ring resonators



Interdigitated Capacitors (IDCs) with 2 µm fingers.
Resist used: AZ5214E

Компактность - полнофункциональная безмасочная литография размером меньше настольного компьютера.

Мощность - субмикронное разрешение при экспонировании поля записи менее чем за две секунды.

Сверхбыстрый автофокус - пьезопроводы достигают фокусировки менее чем за секунду в сочетании с нашей оптикой с замкнутым циклом фокусировки.

Многослойный режим - полуавтоматическое выравнивание позволяет выполнить многослойное выравнивание в течение нескольких минут.

ГЕНЕРАТОР ЛУЧА фокусирует ультрафиолетовый лазерный луч в дифракционное пятно и сканирует его, чтобы выставить любой произвольный рисунок на фоторезисте. Для экспонирования больших пластин прецизионные ступенчатые механизмы перемещают пластины и позволяют сшивать несколько экспозиций. Генератор луча способен производить элементы размером менее (CD) 0,8 мкм на 5-дюймовой пластине.

Используется лазерный источник света h-line и совместим с широким спектром резистов. ГЕНЕРАТОР ЛУЧА может быть модернизирован для использования других источников света. Для обновления свяжитесь с местным представителем.

Ниже приведены некоторые образцы, созданные с использованием ВЕАМ.

Технические характеристики

В следующих таблицах приведены технические характеристики конструкции BEAM

Построение изображения

Минимальная ширина линии		2 мкм гарантированно 0,8 мкм достижимо
Минимальный шаг		1,6 мкм достижимо
Время выдержки		<2 с на 1 поле записи
Максимальное поле записи		400 × 400 мкм
Длина волны лазера		405 нм
Galvo	Размер шага	8 нм
	Воспроизводимость	<100 нм (в статике)
	Скорость	до 200 мм/с

Шаг

Шаговый механизм с приводом	Разрешение датчика	0,1 мкм
	Повторяемость этапа (1σ)	Более 0,3 мкм
	Площадь перемещения	120 x 120 мм
Размер наибольшего образца		130 × 130 мм (> 5 дюймов)
Выравнивание пластин		Поддержка многослойных процессов

Общая информация

Допустимые форматы файла		.bmp, .png, .tiff, .gds, .dxf Пользовательские формы можно рисовать непосредственно в программном обеспечении.
Программное обеспечение	Построение изображения	Nanyte Beam Xplorer
	Дизайн	KLayout (самый мощный), MS Paint/PowerPoint (быстрое создание прототипов)
Вес		Менее 20 кг
Размер системы		330 × 310 × 340 мм

Системные требования

Питание

BEAM работает от сети 100-240 В переменного тока частотой 50-60 Гц. Напряжение и частота сети определяются автоматически, поэтому никаких переключателей устанавливать не нужно. Убедитесь, что рабочее напряжение в вашем регионе соответствует требованиям.

ВНИМАНИЕ - Эксплуатация оборудования при неправильном напряжении сети может привести к его повреждению и аннулированию гарантии.

Расположение

- Внутри помещений, без пыли, почти непроводящее загрязнение (степень 2 по EN61010-1:2010)
- Вибрация стола не должна превышать VC-C (12.5 мкм/с)
- Чистое помещение с кондиционированием (опция)
- Оборудование должно быть затенено от не прямых солнечных лучей
- Относительная влажность <80% (без конденсации)
- Высота над уровнем моря 2000 м
- Температура 10-25 С

Минимальные требования к хост-компьютеру

Компания NANYTE предлагает возможность поставки BEAM вместе с предварительно настроенным ноутбуком. Пожалуйста, свяжитесь с вашим местным представителем для получения такой возможности. Если вы используете свой собственный компьютер, убедитесь, что он соответствует приведенным ниже спецификациям.

Процессор: Процессор Intel i7 12-го поколения

Поколение: NVIDIA GTX 1060

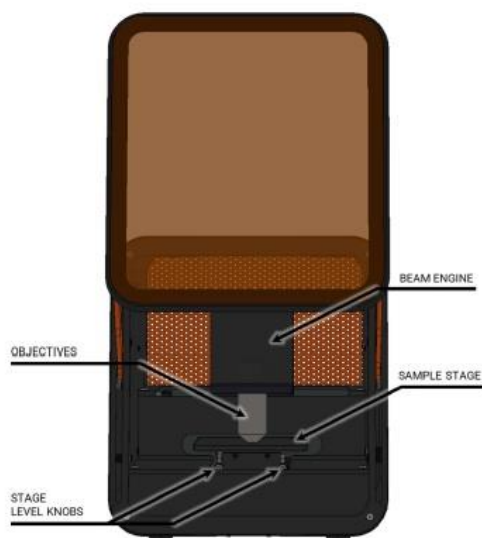
Оперативная память: 16 Гб

Хранилище: > 500 Гб SSD

ОС: Windows 10 Home или Professional Editions

Сеть: для удаленной помощи требуется подключение Wi-Fi или Ethernet

Прочее: Трекпады не рекомендуется использовать с управляющим программным обеспечением.



Вид спереди

Объективы

Фокусирует луч УФ-лазера в дифракционно-ограниченное пятно для экспонирования резиста. Объективы крепятся с помощью стандартной винтовой резьбы. В таблице ниже представлены различные совместимые объективы.

Объектив	Теоретическое разрешение (нм)	Достижимая ширина линии (нм)	Поле записи (UM)	Рабочее расстояние (мм)
Nikon 20x	370	600	400	1
Nikon 10x	1100	1000	800	7,5
Nikon 4x	2750	3500	2000	30

Стандартный BEAM поставляется с опцией Nikon 20x. Теоретическое разрешение рассчитывается на основе числовой апертуры объективов, а достижимая ширина линии определяется эмпирически в результате тестирования. Приведенные значения являются справочными и могут значительно отличаться (увеличиваться или даже уменьшаться) из-за

параметров процесса. Параметр поля записи определяет максимальную область на подложке, которую можно экспонировать без перемещения шаговых двигателей.

Рабочее расстояние — это расстояние от нижней части объектива до верхней части образца. Для объективов Nikon 20x рабочее расстояние составляет 1 мм, что означает, что образец потенциально может попасть в объектив. При фокусировке следует соблюдать осторожность.

Регуляторы уровня рабочей поверхности

Пара микрометрических винтовых регуляторов обеспечивает точную регулировку для достижения параллельности между плоскостью образца и оптической плоскостью. Если рабочая поверхность наклонена, лазерный луч может быть сфокусирован не на всех точках поля записи.

Подставка для образцов

Обеспечивает плоскую поверхность для размещения образца. Подставка перемещается по осям y и z. Ось z приводится в движение шаговым двигателем и пьезоэлектрическим приводом. Первый обеспечивает грубое и дальнейшее перемещение, в то время как пьезоэлектрический привод обеспечивает почти мгновенное позиционирование, что обеспечивает быструю фокусировку. Каждый шаг z соответствует 150 нм.

Лучевой двигатель

Модульный оптический стенд, который можно демонтировать для технического обслуживания или модернизации. Более подробную информацию смотрите в следующем разделе.

BEAM ENGINE



Электрический интерфейс

Электрический интерфейс BEAM ENGINE состоит из трех комплектов соединений.

1. Микроразъем USB 3.0
2. 16-контактное ленточное соединение IDC с контроллером движения
3. 6-контактное ленточное соединение IDC с энкодером

Индикатор логотипа с подсветкой

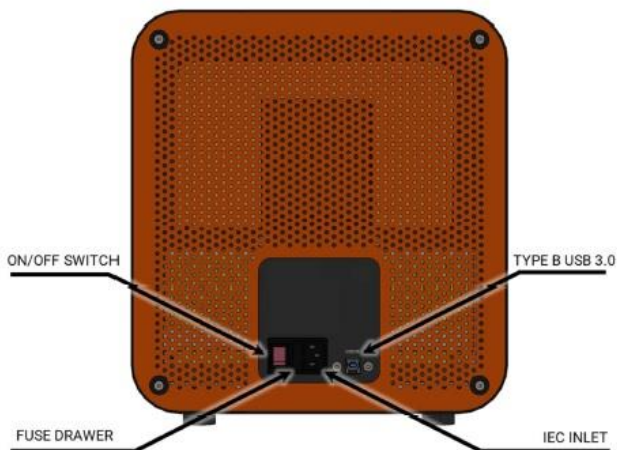
Информация о состоянии системы.

1. **ЗЕЛЕНЫЙ** — система включена и готова к работе.
2. **ОРАНЖЕВЫЙ** — механизм управления лучом отображает рисунок. Вероятно, лазер включен.
3. OFF - Питание сканера выключено.

Фиксатор модуля

На одной пластине расположены четыре винта для фиксации модуля. Открутите шестигранным ключом M1.5, чтобы снять BEAM ENGINE.

Вид сзади



ВКЛ/ВЫКЛ выключатель

Управляет подачей переменного тока в систему.

Короб для предохранителей

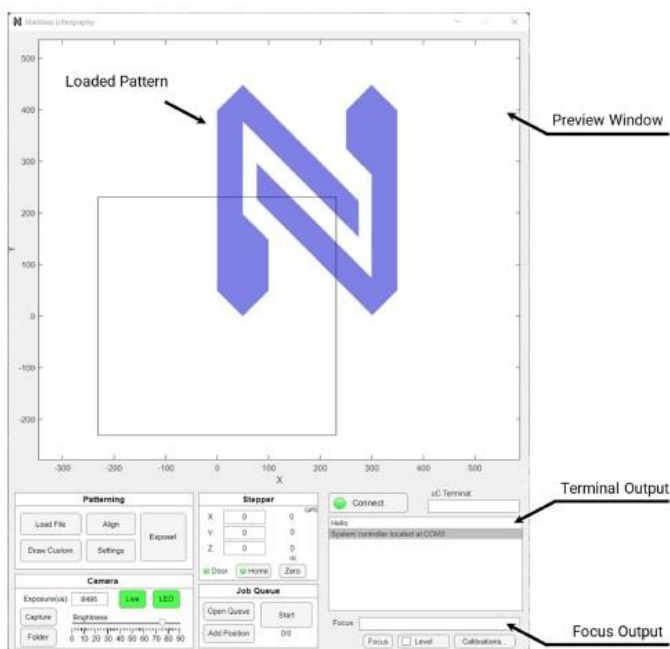
Содержит два предохранителя на 240 В, один из них - запасной. Для замены используйте цилиндрический предохранитель 20 x 5 мм 3,15 А. Артикул RS: 537-1155.

Вход IEC

Обеспечивает ввод переменного тока для передачи сигнала по кабелю C13.

USB 3.0 типа B

Обеспечивает цифровое управление и прямую трансляцию изображений с BEAM. Обратите внимание, что на компьютере требуется порт USB 3.0. В случае использования более низких скоростей USB операционное программное обеспечение выдаст сообщение об ошибке.



Главное окно XPLORER

Окно предварительного просмотра

Служит в качестве мини-карты всего этапа съемки. Можно просматривать загруженные шаблоны и открытые области. Черный прямоугольник показывает область, в которой в данный момент находится BEAM ENGINE. Видеопоток в режиме реального времени в окне камеры также соответствует этой области.

- Для навигации щелкните левой кнопкой мыши и перетащите изображение, чтобы изменить

область просмотра.

- Чтобы увеличить изображение, используйте колесико прокрутки мыши, когда курсор находится в окне предварительного просмотра.
- Чтобы восстановить масштаб по умолчанию, дважды щелкните левой кнопкой мыши.

- Чтобы переместить механизм луча (черный прямоугольник), щелкните правой кнопкой мыши в любом месте на оси предварительного просмотра. Это полезно для проверки того, находится ли вся экспозиция в пределах подложки.
- В режиме выравнивания используйте сочетание клавиш ctrl и левой кнопки мыши на элементах выравнивания, чтобы отобразить их в потоке камеры для выравнивания.

Загруженный шаблон

Когда для экспонирования загружается совместимый файл, он отображается синим цветом. Во время экспонирования поверх него накладываются красные фигуры, указывающие, какая область была экспонирована.

Выводной терминал

Терминал отображает важную информацию в виде текста. Это может быть:

1. Системная информация
2. Сообщения об ошибках
3. Обновление состояния системы
4. Результаты калибровки

Вывод результатов фокусировки

Показывает состояние фокусировки. Возможны три режима:

1. Точная фокусировка, если фокусировка близка к правильной,
2. Грубая фокусировка, когда фокусировка слишком большая и оптике приходится искать точку фокусировки,
3. Произошел сбой по таким причинам, как недостаточная яркость, чрезмерный наклон образца.

Элементы управления камерой



Экспозиция: изменяет время экспозиции фотокамеры. Обычно эта настройка не требуется, так как автоматическая регулировка яркости позволяет установить правильную экспозицию.

Светодиод: включает/выключает светодиод. Также отображает состояние светодиода

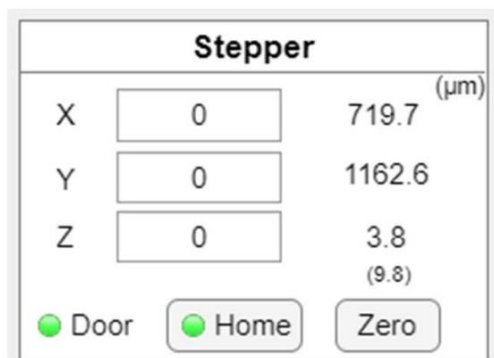
(горит/зеленый). Во время определенной калибровки светодиод может быть выключен

Сброс настроек: Прямой эфир: используется для отключения прямой трансляции с камеры. Это может быть полезно для снижения энергопотребления ноутбука.

Снимок: выполняется снимок экрана в режиме реального времени. Изображения сохраняются в формате .png и доступны при нажатии кнопки "Папка".

Ползунок яркости: используется для быстрой настройки яркости. Цифры представляют собой % от максимальной яркости. Поскольку 100%-ная яркость в основном белого цвета и не содержит никакой информации, максимальная яркость ограничена 90%. При перемещении ползунка автоматически рассчитывается соответствующее время экспозиции.

Шаговые регуляторы



Stepper		
X	0	719.7 (µm)
Y	0	1162.6
Z	0	3.8 (9.8)
Door Home Zero		

XYZ input boxes: Текстовые поля позволяют оператору ввести любое положение для перемещения BEAM ENGINE. Пользователи также могут вводить десятичные значения.

XYZ position:: Цифры справа обозначают текущее положение BEAM ENGINE. Все позиции здесь обозначены в микронах. Экспозиция всегда начинается с координат ($X = 0$, $Y = 0$), а положение Z автоматически определяется автофокусом. Число под Z-позицией указывает на абсолютную

Z-позицию; при 0 объективы микроскопа будут смотреть на алюминиевый держатель образца. Это полезно при попытке вручную сфокусировать систему. Если используется кремниевая пластина известной толщины, например 400 мкм, Z-позиция фокусировки будет равна -400.

Zero: устанавливает текущее положение как нулевое. Для всех загруженных шаблонов задано базовое положение $X = 0$, $Y = 0$. Таким образом, кнопка устанавливает текущее положение в левом нижнем углу загруженного шаблона.

Home: запускает рабочий стол. При включении режима "Домой" программные ограничения для рабочего стола будут включены, и пользователь теоретически не сможет завершить работу рабочего стола. Если режим "домой" не включен, индикатор будет желтым, а при включении режима "домой" - зеленым. Нажатие на кнопку запустит процедуру самонаведения.

Door: Индикатор показывает, закрыта ли дверь. Это полезное напоминание для резисторов, которые более чувствительны к рассеянному свету.

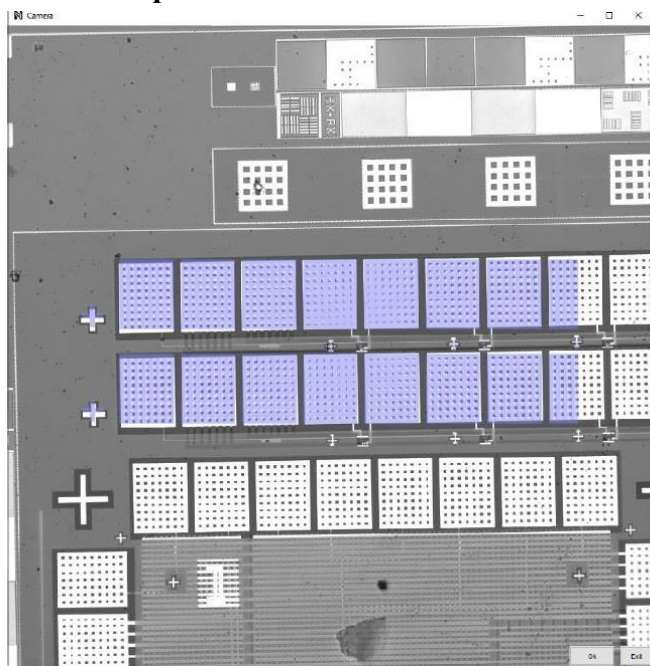
Элементы управления



Patterning		
Load File	Align	<input data-kind="parent" data-rs="2" type="button" value="Expose!"/>
Draw Custom	Slice	
Settings		

Содержит все действия, необходимые для создания шаблона. Элементы управления подробно описаны в разделе "Создание шаблона".

Окно камеры



В окне камеры отображается прямая трансляция того, что просматривает BEAM ENGINE. Окно камеры также играет важную роль во время выравнивания, когда выбранные объекты выравнивания накладываются на изображение с камеры.

Для навигации щелкните правой кнопкой мыши в нужном месте, и BEAM ENGINE изменит положение.

Сочетание клавиш мыши/клавиатуры

W, 'A', 'S', 'D': перемещает BEAM ENGINE вверх, влево, вниз и вправо соответственно.

↑ ← ↓ →: перемещает BEAM ENGINE вверх, влево, вниз и вправо соответственно.

'Shift': при нажатии вышеуказанных клавиш перемещения скорость, с которой движется BEAM ENGINE, значительно увеличивается. Клавиша 'Shift' действует как модификатор.

'F': активирует функцию автофокусировки.

'B': активирует функцию автоматической регулировки яркости.

'R': в режиме выравнивания активируется автоматическое распознавание. При этом шаблон маски должен совпадать с образцом на экране камеры.

'Q' / 'E': в режиме выравнивания поверните GDS против часовой стрелки / по часовой стрелке по часовой стрелке соответственно.

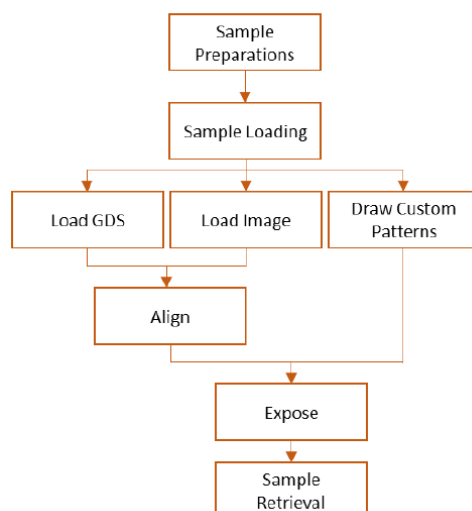
'T': после использования функции автоматического распознавания может появиться запрос, если будет обнаружено, что GDS вращается. Это активирует встречный поворот.

Scroll wheel: изменяет уровень фокусировки вручную. Когда курсор мыши находится на окне предварительного просмотра, масштаб окна предварительного просмотра регулируется.

'Page up/down': Быстрое перемещение оси z на 500 шагов. Нажмите и удерживайте, чтобы быстро изменить положение по оси z.

Построение изображения

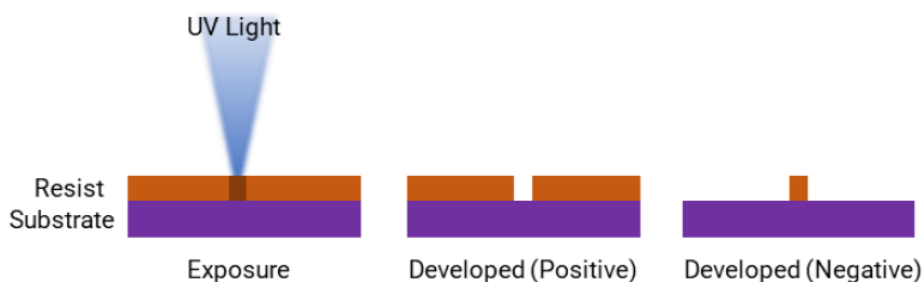
Технология BEAM была разработана таким образом, что для полной экспозиции требуется минимальное количество шагов. В зависимости от сложности работы по нанесению рисунка, его можно загрузить, выровнять и экспонировать на пластине менее чем за 3 минуты. Последовательность всего процесса создания рисунка такова, как показано ниже:



Подготовка и загрузка образцов

Напыление

Первым шагом в фотолитографии является нанесение слоя фоторезиста на поверхность образца. BEAM ENGINE использует для облучения ультрафиолетовое излучение h-линии или 405 нм; таким образом, необходимо использовать соответствующий фоторезист. Помимо спектральной чувствительности, важно убедиться, что фоторезист правильного типа (позитивный/негативный, см. ниже), а его толщина соответствует требуемому соотношению разрешение/спектр.



Мы рекомендуем посетить веб-сайт компании MicroChemicals, чтобы ознакомиться со всем ассортиментом фоторезистов.

После нанесения покрытия методом отжима, как правило, проводится его термообработка. Информацию о процессах, связанных с нанесением резиста, можно найти в техническом описании продукта.

Загрузка

Примечание: прежде чем поместить образец, убедитесь, что его задняя поверхность чистая; нередко на задней поверхности образца остаются пятна резиста, вызванные остатками резиста на патроне спин-коатера. Стойкие остатки особенно вредны для небольших образцов, вызывая их наклон. В худшем случае автофокусировка может перестать функционировать.

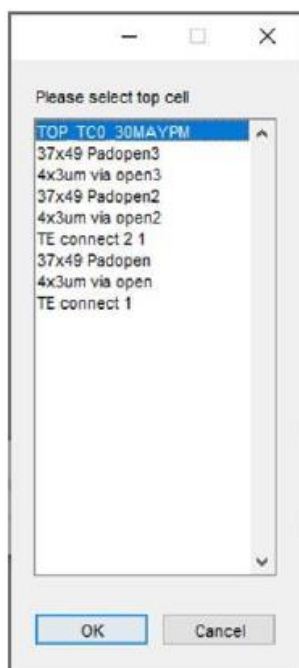
Используйте клавиши «W» или «up», чтобы переместить платформу для образца к себе. Постарайтесь поместить образцы ближе к центру панели. После размещения образца отодвиньте панель от себя так, чтобы образец находился под объективами.

Начиная с этого момента, есть три основных способа создания шаблона. Использование GDS/DXF, файлов изображений или рисование с помощью программного обеспечения.

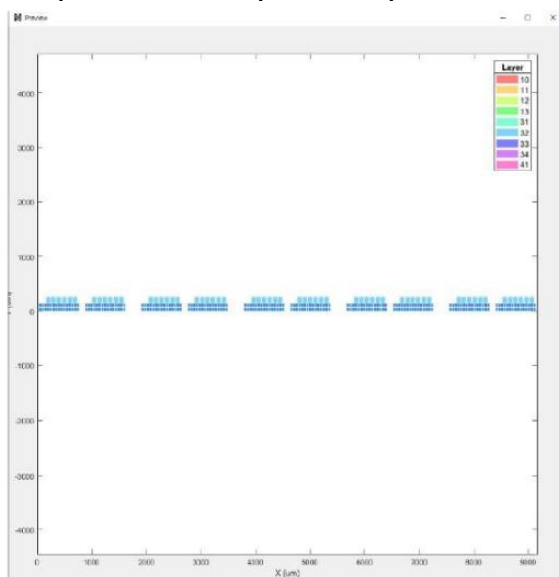
Загрузка GDS

NANYTE XPLOER не позволяет проектировать и редактировать файлы GDS. Для этого мы рекомендуем использовать редактор GDS с открытым исходным кодом KLayout <https://www.klayout.de/>

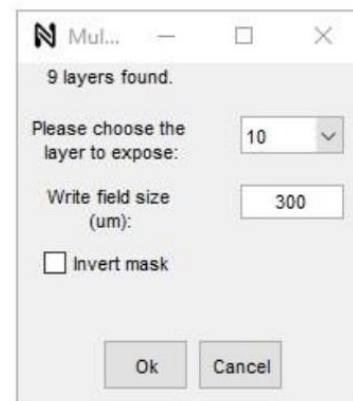
1. В главном окне выберите - Load File. Появится окно выбора файла в проводнике windows. Файлы фильтруются, поэтому будут отображаться только совместимые файлы. Выберите нужный файл и нажмите кнопку open.



2. Для файлов GDS существуют ссылки на ячейки и ссылки на структуру. Поэтому важно выбрать правильную верхнюю ячейку. Хотя верхние ячейки в этом меню ранжируются по количеству ссылок на другие ячейки, в нем может быть выбрана неправильная верхняя ячейка. После подтверждения нажмите кнопку Ok. Если вы сомневаетесь, вы можете выбрать наиболее подходящую ячейку и просмотреть предварительный просмотр. Перезагрузите файл, если выбранная верхняя ячейка неверна.



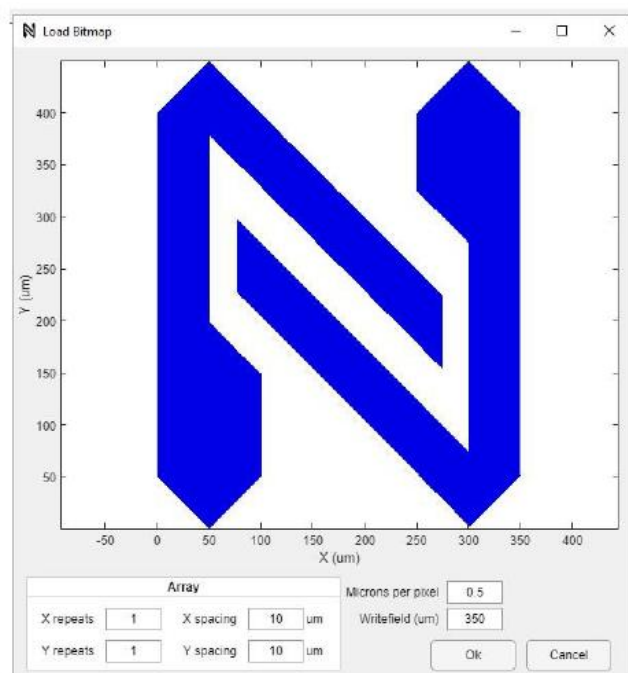
3. Для загруженного файла GDS откроется окно предварительного просмотра GDS. Поскольку файл GDS может содержать несколько слоев, необходимо выбрать слой для экспозиции. Для навигации в окне предварительного просмотра GDS можно использовать те же действия мыши, что и в главном окне предварительного просмотра элементов управления. Чтобы упростить визуализацию, шаблоны обозначены цветом, а условные обозначения расположены в правом верхнем углу окна. Для трехмерных изображений с большим количеством слоев может оказаться полезным скрыть некоторые слои. Вы можете щелкнуть по цвету условных обозначений, чтобы скрыть этот конкретный слой.



4. Одновременно появится всплывающее окно. Выберите слой для экспонирования и предпочитаемый размер поля записи. Это компромисс: большие размеры поля записи позволяют быстрее экспонировать шаблоны, а меньший размер поля записи позволяет повысить однородность экспозиции.
5. Также предусмотрена опция инвертирования слоя для использования с отрицательными фоторезистами. Создается смещение на 15 мкм от слоя. Будет выполнена экспозиция этой выделенной зоны.
6. При нажатии кнопки ОК шаблон GDS будет загружен в главное окно предварительного просмотра элементов управления.
7. Для экспонирования первого слоя выберите точку на пластине, где должна находиться левая нижняя часть рисунка, перемещая BEAM ENGINE. Как только положение будет подтверждено, нажмите кнопку обнуления. Обратите внимание, что все оси будут обнулены.
8. Для получения второй/многослойной экспозиции см. раздел выравнивания

Загрузка графических файлов

1. В главном окне выберите - Загрузить файл. Появится окно выбора файла. Выберите нужный файл и щелкните на него, чтобы открыть. Загруженные изображения будут преобразованы в 8-битную шкалу серого, после чего будет применена функция порогового выделения. Если значение пикселей больше 128, то изображение будет обработано, иначе оно не будет отображаться.
2. Появится окно загрузки растрового изображения, в котором доступно несколько вариантов создания рисунка (см. выше). Для навигации по режиму

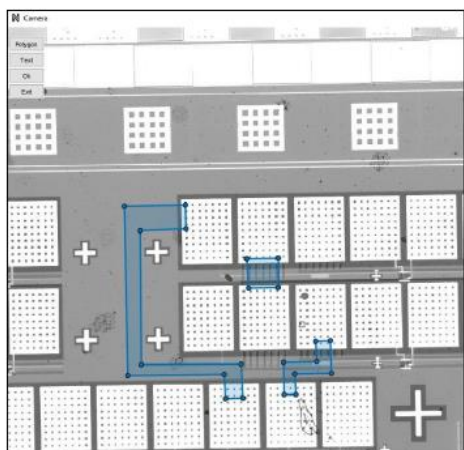


предварительного просмотра рисунка используйте те же элементы управления, что и в окне предварительного просмотра. Возможно создание массивов по X и Y с повторением рисунка – за это отвечает параметр repeat. Параметр Spacing отвечает за расстояние между повторяемыми изображениями в массиве. Масштаб растрового изображения задается с помощью текстового поля "Microns per pixel". Наконец, есть возможность выбора области поля для записи.

3. Для экспонирования первого слоя выберите точку на пластине, где вы хотите разместить нижний левый угол рисунка, перемещая BEAM ENGINE. Как только положение будет подтверждено, нажмите кнопку обнуления. Обратите внимание, что все оси будут обнулены.
4. Для получения информации о второй/многослойной экспозиции обратитесь к разделу "Выравнивание".

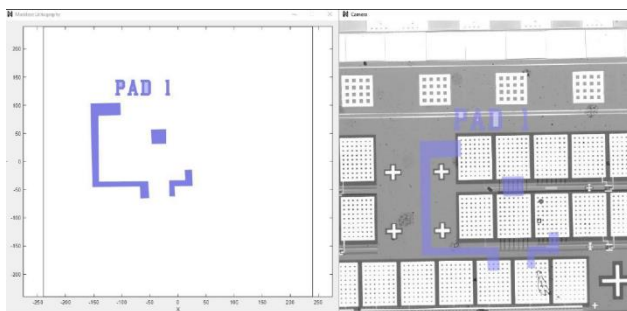
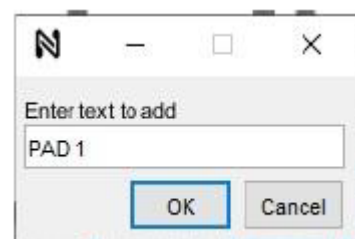
Создание образцов

1. Нажмите на кнопку нарисовать пользовательский рисунок. В верхней левой части окна камеры появится несколько вариантов. Самый простой вариант - использовать многоугольники для формирования фигур для экспозиции. Нажмите на многоугольник, затем на окно камеры, где должны быть вершины многоугольника.



2. Чтобы завершить создание многоугольника, дважды щелкните левой кнопкой мыши по исходным вершинам. Чтобы переместить многоугольник, просто щелкните левой кнопкой мыши и перетащите его в нужное положение. Чтобы удалить многоугольник, щелкните его правой кнопкой мыши и выберите «Удалить». В окне камеры можно одновременно отображать несколько многоугольников. При нажатии кнопки Ok все перекрывающиеся многоугольники будут объединены.

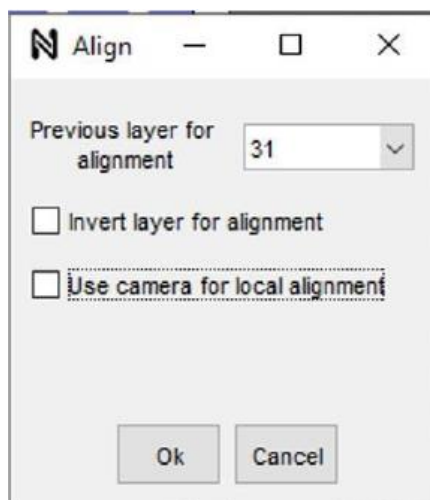
3. К шаблонам надписей также можно добавить текст. Нажмите на кнопку "Текст" в верхнем левом углу окна камеры, появится диалоговое окно, представленное ниже. Введите любой текст, который вы хотите создать, и нажмите "Ok". Текстовый шаблон также можно перемещать перетаскиванием и удалять, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав пункт Удалить.



4. Возможно сочетание как текста, так и многоугольников. После завершения нажмите кнопку OK в левом верхнем углу окна камеры. В окне предварительного просмотра должны появиться нарисованные детали.

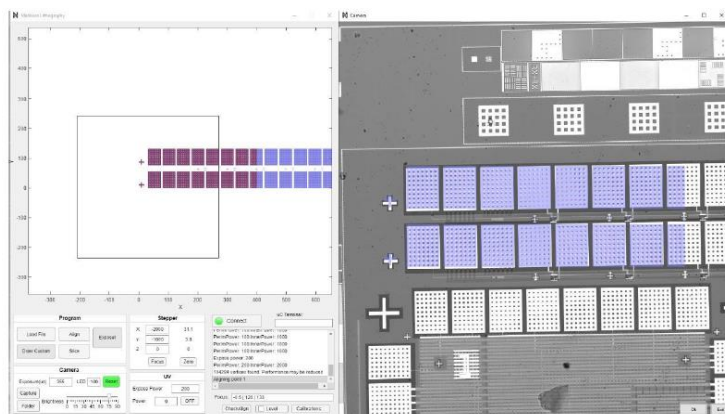
5. Перейдите к разделу экспозиция.

Выравнивание

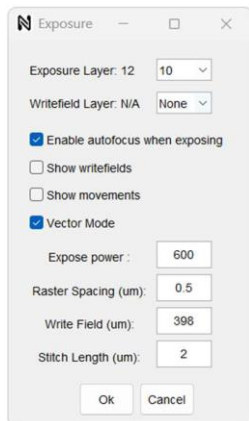


1. Для получения второй/многослойной экспозиции нажмите кнопку "Align". Должно появиться всплывающее окно, расположенное ниже. Пожалуйста, введите слой, который вы хотите использовать для выравнивания. т.е. слой GDS, содержащий все элементы, которые также присутствуют в образце. Предусмотрена возможность инвертировать слой для выравнивания. Выберите эту опцию, если выбранный слой выравнивания также был создан в перевернутом режиме. Наконец, опция использовать камеру для локального выравнивания позволяет программному обеспечению использовать методы распознавания изображений для точного выравнивания каждого поля записи. Нажмите кнопку Ок, чтобы продолжить.

2. Выравнивание выполняется по четырем точкам. Следовательно, необходимо повторить описанные ниже шаги четыре раза. Чтобы выполнить выравнивание, подведите BEAM ENGINE к объекту, который необходимо выровнять. Объект должен находиться близко к центру окна камеры. Затем, используя масштабирование (прокрутка мыши) и трансляцию (щелчок левой кнопкой мыши и перетаскивание), найдите соответствующий объект в окне предварительного просмотра. Нажмите и удерживайте CTRL на объекте в окне предварительного просмотра для выравнивания.
3. Выбранный элемент в окне предварительного просмотра становится красным, чтобы показать, что эта часть накладывается на окно камеры в виде полупрозрачной синей маски. В окне камеры щелкните левой кнопкой мыши + перетащите, чтобы сместить маску. Масштаб перемещения составляет 4:1 по сравнению с масштабом мыши, что позволяет точно выровнять маску. Второй способ быстрого выравнивания - нажать клавишу 'R', чтобы активировать автоматическое выравнивание по изображению.
4. Хотя точное вращение обычно не требуется, вы можете нажимать клавиши "Q" и "E", чтобы вращать маску. Если требуется точное вращение, используйте клавишу-модификатор "CTRL", чтобы вращать с меньшим шагом. Когда вы будете удовлетворены, нажмите «ОК» в правом нижнем углу окна камеры. Повторите процедуру выравнивания еще для трех точек.
5. После завершения процесса выравнивания, пожалуйста, проверьте качество выравнивания, щелкнув правой кнопкой мыши по очевидным элементам в окне предварительного просмотра, и убедитесь, что механизм BEAM перемещается в соответствующее положение. Элемент должен быть расположен в маленьком черном квадрате в середине окна камеры. Для справки, ширина черного квадрата составляет 2,5 мкм.



Настройки



Наиболее часто используемые параметры экспозиции находятся в окне настроек. К ним можно получить доступ, нажав на кнопку "Настройки" в главном окне.

Слой экспозиции: Выберите, какой слой будет экспонироваться, выбрав его из выпадающего меню.

Слой поля записи: Выберите, какой слой используется для определения полей записи.

Включить автофокусировку: перед отображением каждого поля записи выполняется автофокусировка.

Показать поля записи: отображает поля записи черными пунктирными линиями в окне предварительного просмотра.

Показывать перемещения: показывает перемещения лазера в окне предварительного просмотра. Синие линии обозначают перемещения, при которых лазер включен, а красные линии - полосы движения; лазеры выключены.

Векторный режим: В этом режиме отображаются контуры каждого рисунка, а затем внутренняя часть рисунка отображается с помощью растрового сканирования. Это создает более плавные контуры.

Мощность излучения: Значение, кратное 0,1 мкВт. т.е. значение 1000 эквивалентно мощности лазера в 100 мкВт.

Расстояние между растрами: расстояние между линиями, используемое для отображения внутренней части рисунка. Более высокая стоимость гарантирует, что интерьер будет полностью продуман.

Поле для записи: определяет ширину поля для записи. Чем больше поле для записи, тем быстрее будет отображаться шаблон, но разрешение по краям может быть ниже, чем в центре.

Длина строки: определяет перекрытие между полями записи.

Выдержка

1. Нажмите кнопку разделения, чтобы сгенерировать траекторию для NANYTE BEAM. Для простых снимков этот процесс займет не более секунды. Для сложных снимков появится панель загрузки и будет показано количество обработанных полей записи по сравнению с общим количеством полей записи.
2. Нажмите кнопку "Экспонировать", чтобы начать экспонирование. Как только поле для записи будет открыто, его цвет в окне предварительного просмотра станет красным.
3. Наслаждайтесь лазерным световым шоу!

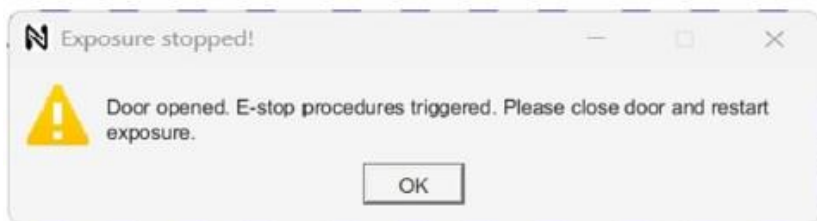
Извлечение образца

1. Для облегчения извлечения пододвиньте подставку к себе, нажав клавишу "W". Как только образец освободится от объективов, аккуратно извлеките его пинцетом.
2. Следуйте рекомендациям производителя фоторезиста по проявке. Для AZ5214E, одного из наиболее часто используемых фоторезистов, мы рекомендуем использовать проявитель AZ 351B в соотношении 5:1 для достижения высокой контрастности.
3. После процесса проявления подложку можно загрузить в NANYTE BEAM, чтобы проверить, правильно ли выполнена проявка.

Лазерная блокировка

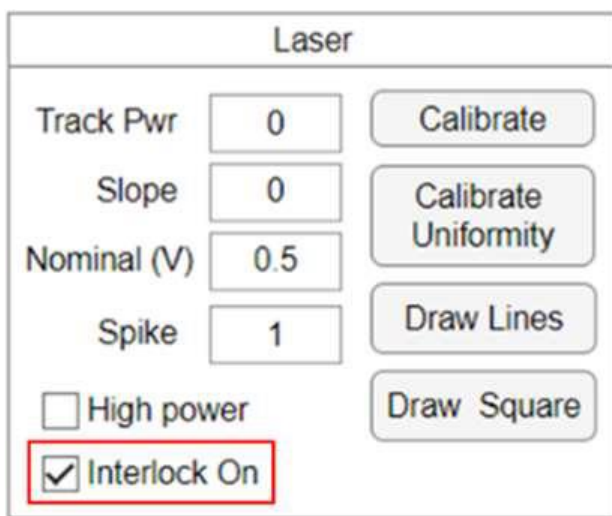
При нормальных условиях работы лазер излучает <1 мВт неколлимированного лазерного излучения и не представляет угрозы безопасности для пользователей. Однако для предотвращения случайного воздействия лазерного излучения предусмотрена функция блокировки лазера.

Когда блокировка лазера включена и состояние двери меняется с закрытого на открытое, срабатывает аппаратное прерывание. Это останавливает воздействие лазера и движение двигателя.



Чтобы восстановить работу после прерывания, убедитесь, что дверь закрыта, и нажмите кнопку ОК.

Включение лазерной блокировки



1. Чтобы прервать воздействие лазера при открытии двери, необходимо включить функцию блокировки лазера. Для этого откройте окно калибровки в главном окне Beamexplorer.
2. Убедитесь, что установлен флажок "Interlock On".
3. Продолжайте облучение в обычном режиме.

Калибровка

Для достижения точности, необходимой для нанолитографии, требуется множество калибровок. Хотя калибровка выполняется на заводе и должна выполняться квалифицированным персоналом, пользователю полезно понимать, как каждая настройка калибровки влияет на качество нанесения рисунка. Цель этого раздела состоит не в том, чтобы побудить операторов выполнять калибровку, а скорее в том, чтобы лучше понять принципы работы системы.

В BEAM используются три системы координат:

1. Шаговые координаты (микроны, разрешение 100 нм)
2. Координаты камеры (пиксели, ~500 нм на пиксель)
3. Гальвокоординаты (код, разрешение 8 нм)

Все три координаты связаны с координатами камеры, и этой цели служат различные калибровки. Точность, требуемая системой литографии, означает калибровку более высокого порядка.

Чтобы перейти к окну калибровки, нажмите на кнопку калибровки в главном окне. Появится следующее окно. Кнопки калибровки выделены серым цветом. При нажатии на кнопку разблокировки калибровки появится диалоговое окно с предупреждением, и при отклонении предупреждения все настройки будут активированы.

ВНИМАНИЕ: Изменение настроек калибровки на ошибочные значения может привести к серьезному снижению производительности системы. Перед изменением каких-либо значений всегда создавайте резервную копию файла data.mat в папке программы.

Калибровка положения гальвосканера

Galvo управляет положением лазерного луча относительно координат камеры. Калибровка необходима, поскольку оптические отклонения и аберрации могут сильно исказить координаты galvo (на несколько микрон). Аппроксимация второго порядка с 10 коэффициентами используется для сопоставления galvo-координат с координатами камеры.

Чтобы начать гальво калибровку выполните следующие действия:



1. Установите чистую полированную кремниевую подложку на платформу для образцов.
2. Расположите объективы BEA
3. M ENGINE на кремниевой подложке.
4. Сфокусируйтесь на кремниевой подложке.
5. В окне калибровки нажмите 'Calibrate Galvos'

При этом автоматически погаснет светодиод подсветки, что позволит камере легко определить пятно лазерного луча. Лазерное пятно сканируется по всему полю зрения. Одновременно во всплывающем окне обновляются данные о положении входного гальванометра (синий цвет) и обнаруженном положении пятна (черный цвет).

Как только все точки данных собраны, выполняется повторная калибровка. Гальво повторно сканирует поле зрения, чтобы убедиться в точности калибровки. На этот раз обнаруженные точки выделены зеленым цветом и должны быть намного ближе к входному положению galvo. В главном окне отображается ошибка (3 стандартных отклонения) после калибровки. Обычно она составляет менее 200 нм.

Шаговая калибровка

Аналогичным образом шаговый механизм отображается на координаты камеры. Однако вместо этого используется аффинное преобразование, которое учитывает вращение, растяжение и сдвиг.

1. Убедитесь, что столик правильно выровнен. См. раздел Выравнивание столика.
2. Столик с образцами должен быть строго в центральной части
3. Переместите столик с образцами так, чтобы объективы смотрели в центр столика
4. Сфокусируйтесь на образце. Из-за неровностей может потребоваться ручная фокусировка.
5. В окне калибровки нажмите "Калибровать степпер", чтобы начать процесс.

В процессе калибровки шаговый регулятор будет перемещаться как по оси x, так и по оси y. Программное обеспечение выполняет регистрацию изображений для получения субпиксельного смещения изображения с камеры.

Имея около 100 выборок смещений изображений по осям X и Y в зависимости от смещений предметного столика, можно рассчитать матрицу преобразования между предметным столиком и камерой. Пример калибровочной матрицы показан ниже. Хотя отображаются только 4 десятичных знака, эти значения требуют большей точности.

XY Parallelism	
X	Y
1.0004	0.0048
-0.0039	0.9986

В качестве бонуса также доступна кнопка проверки повторяемости шага. Запуск этого теста сместит предметный столик на случайное значение x- и y-, а затем вернет в исходную точку. Регистрация изображения определит величину сдвига между предыдущим и последующим изображением. Таким образом, можно получить значение повторяемости. Обычно она составляет менее 0,3 мкм.

Лазерная калибровка



Кривая ПИ

Помимо пространственной калибровки, необходимо также откалибровать выходной сигнал лазера. Это особенно важно, поскольку мощность лазера не изменяется линейно в зависимости от тока лазера. Внутри каждого BEAM ENGINE установлен фотодиод, который обеспечивает самокалибровку. Нажмите кнопку "Calibrate", чтобы начать калибровку.

Если точная калибровка представляет серьезную проблему, обратитесь в компанию NANYTE для ежегодной калибровки. В большинстве случаев калибровку можно рассматривать как относительное значение, и такая ежегодная калибровка не требуется.

Калибровка пространственной мощности

Как и при калибровке гальво, на мощность лазера также влияет виньетирование оптики. Это приводит к пространственному изменению мощности лазера, которая, как правило, выше в середине и ниже на периферии. Для выполнения пространственной калибровки в правом верхнем углу панели с образцами установлен фотодиод. Фотодиод встроен таким образом, что 5-дюймовые пластины могут быть размещены без помех.

При нажатии кнопки калибровки панель перемещается в положение фотодиода, установленного на панели, и начинает сканировать лазерное пятно по всему полю зрения. В каждой точке также сохраняется измеренный фототок, что позволяет выполнить пространственную калибровку с помощью подгонки второго порядка.

Выравнивание основы

Подставка для образцов имеет трехточечный контакт с осью у, расположенной под ней. Для контроля угла наклона и крена две из точек контакта можно регулировать по высоте.

1. Удалите все образцы/подложки с рабочей поверхности.
2. Переместите рабочую поверхность, используя клавиши "WASD", так, чтобы объектив находился ближе к центру.
3. Переместите рабочую поверхность, используя клавиши "WASD", так, чтобы объектив находился ближе к центру.
4. Переместите рабочую поверхность вверх с помощью колесика прокрутки мыши, чтобы она оказалась в фокусе. Текстурированная поверхность рабочей области должна выглядеть так же, как выделенная область выше. Отрегулируйте яркость, чтобы добиться подходящей экспозиции.
5. После фокусировки нажмите кнопку "Ноль" на панели управления.
6. Переместите рабочую область в направлении +у на 10 000 микрон.
7. Наведите фокусировку вручную на поверхность рабочей поверхности с помощью колеса прокрутки. Если необходимо поднять/опустить рабочую поверхность более чем на 20 микрон, отрегулируйте микрометр в соответствии с таблицей, приведенной ниже. Каждый раз выполняйте небольшие регулировки, не более чем на четверть оборота.
8. Повторите шаги 4-6, но на этот раз двигайтесь в направлении +х.

Ось	Положение по оси Z при фокусировке на +10000	Настройка микрометра
x	+ve	Левая ручка CW, правая ручка ACW
x	-ve	Левая ручка ACW, правая ручка CW
y	+ve	Левая ручка CW, правая ручка CW
y	-ve	Левая ручка ACW, правая ручка ACW

Калибровка фокуса

Калибровка автофокуса

Встроенная функция обратной связи по фокусировке может предоставить информацию о том, сфокусировано ли изображение с камеры. Однако, чтобы сделать это быстро и надежно, применяются алгоритмы машинного обучения, которые требуют калибровки.

Перед выполнением калибровки поместите чистую полированную кремниевую подложку на подставку для образца и расположите BEAM ENGINE на кремниевой подложке. Найдите пылинку и наведите на нее фокус вручную с помощью колесика прокрутки мыши. При этом текущий уровень фокусировки будет равен нулю. Убедитесь, что используется плоская и ровная поверхность и что было выполнено поэтапное выравнивание.

Нажмите "calibrate focus", чтобы начать. Ось z рабочего стола переместится на крайний расфокусированный z-уровень и медленно переместится в область фокусировки. В конечном итоге она пройдет область фокусировки и достигнет другого крайнего значения. После завершения калибровки фокуса рабочий стол вернется в исходное положение. Вы можете проверить, правильно ли работает автофокусировка, нажав клавишу "F" в различных местах пластины. Несмотря на отсутствие пыли, система должна быть в состоянии выполнить фокусировку.

Обратите внимание на предупреждающее сообщение, сообщающее о колебаниях фокусного расстояния. Это означает, что автофокус не может достичь уровня нулевой фокусировки с высокой точностью, но этого достаточно для создания изображений с низким разрешением.

Калибровка смещения фокуса точечного лазерного луча

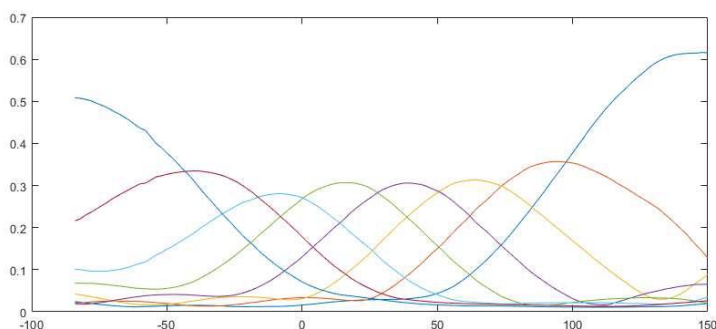
Калибровка автофокуса

Встроенная обратная связь по фокусу может предоставить информацию о том, сфокусировано ли изображение с камеры. Однако, чтобы сделать это быстро и надежно, применяются алгоритмы машинного обучения, которые требуют калибровки для обучения модели машинного обучения.

Перед выполнением калибровки поместите чистую полированную кремниевую подложку на подставку для образца и расположите BEAM ENGINE на кремниевой подложке. Найдите пылинку и наведите на нее фокус вручную с помощью колесика прокрутки мыши. Это позволит установить текущий уровень фокусировки как нулевой. Убедитесь, что используется плоская и ровная поверхность и что было выполнено поэтапное выравнивание.

Нажмите "откалибровать фокус", чтобы начать. Ось z рабочего стола переместится на крайний расфокусированный z-уровень и медленно переместится в область фокусировки. В конечном итоге она пройдет область фокусировки и достигнет другого крайнего значения.

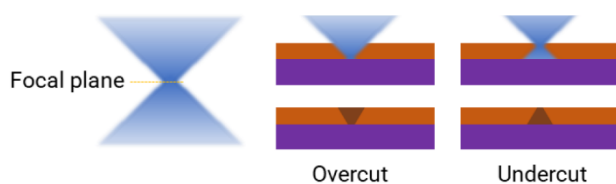
После завершения калибровки фокуса рабочий стол вернется в исходное положение. Также появится график, который должен выглядеть так, как показано ниже, где все 8 кривых имеют пики в разных точках.



Функцию автофокусировки можно проверить, нажав клавишу "F" в различных местах пластины. Несмотря на отсутствие пыли, система должна быть способна выполнять фокусировку.

Обратите внимание на предупреждающее сообщение, которое сообщает о колебаниях фокусировки. Это означает, что автофокус не может достичь уровня нулевой фокусировки с высокой точностью, но этого достаточно для работы по нанесению рисунка с низким разрешением.

Калибровка смещения фокуса пятна лазерного луча



Пятно лазерного луча может быть сфокусировано на уровне, отличном от поверхности образца. Это также дает возможность настроить профиль боковой стенки. Как правило, для обеспечения высокого разрешения в оптике дальнего

действия требуется большой угол наклона луча. Таким образом, профиль луча будет выглядеть так, как показано на крайнем левом изображении ниже. Регулируя уровень фокусировки при экспонировании, можно слегка изменить профиль боковой стенки, чтобы добиться как чрезмерной, так и недостаточной резкости.

Однако это невозможно определить только по изображению с камеры: пятно лазерного луча может выглядеть сфокусированным, но в реальности оно немного отличается. Чтобы выяснить, какое смещение фокуса может обеспечить наибольшее разрешение, необходимо провести экспонирование, проявку и наблюдение за узорчатым фоторезистом.

Чтобы определить правильную/подходящую высоту экспозиции, мы включили встроенную утилиту калибровки смещения экспозиции.

Laser			
Track Pwr	240	Calibrate	
Slope	0	Calibrate Uniformity	
Nominal (V)	3.227	Draw Lines	
Spike	1	Draw Square	
PD Comp.	1		
☐ High power		☐ Interlock On	

Подготовьте кусок пластины с покрытием размером не менее 1 x 1 см. Мы обычно рекомендуем AZ 701 от microchem для калибровки смещения фокуса из-за значительной разницы в поглощении света между экспонированным и неэкспонированным резистом. Это позволяет нам лучше визуализировать экспонированные детали.

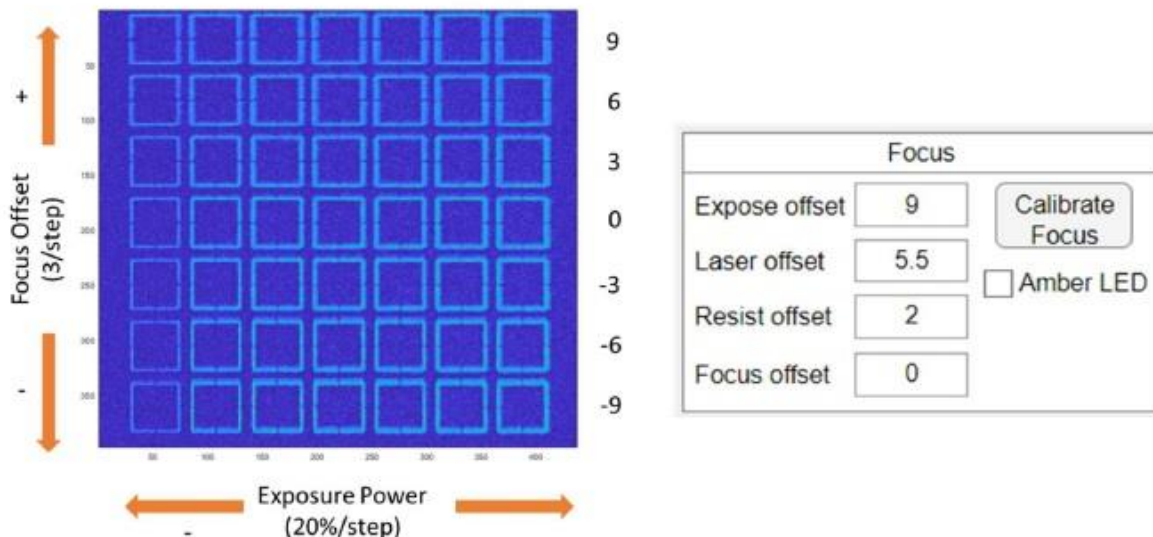
1. Поместите пластину с покрытием на платформу для образцов. Убедитесь, что образец не наклонен. Вы можете проверить это, нажав на кнопку "Level" в главном окне

BEAM Xplorer. Как правило, наклон не должен превышать 10 мкм/мм.

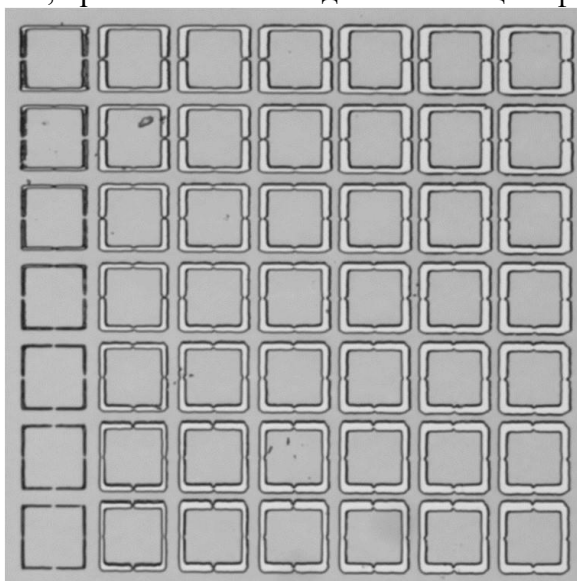
2. Переместите образец так, чтобы камера смотрела на чистую и однородную часть пластины с покрытием.
3. В окне "Калибровки" выберите "Draw Square" в разделе "Лазер". См. изображение ниже.
4. Затем система переключается на разные уровни фокусировки и отображает квадраты с разной мощностью.

Интерпретация понятия 'Draw Squares':

После завершения вышеуказанного шага калибровки будет отображен массив квадратов размером 7x7. Квадрат точно посередине отражает текущую мощность экспозиции и смещение экспозиции. Каждый шаг вправо (влево) увеличивает (уменьшает) мощность экспозиции на 20%. Каждый шаг вверх (вниз) увеличивает (уменьшает) смещение экспозиции на 3. Вы можете изменить смещение экспозиции в окне калибровки и повторить калибровку "Draw Squares".



Однако это невозможно определить, просто используя изображение с камеры; пятно лазерного луча может выглядеть сфокусированным, но на самом деле может быть другим. Чтобы выяснить, какое смещение фокуса может обеспечить наивысшее разрешение, необходимо экспонировать, проявлять и наблюдать с помощью фоторезиста с рисунком.



Диагностика

При выполнении любой процедуры калибровки убедитесь, что оператор обучен и знаком с процедурой калибровки. Неправильная калибровка может привести к повреждению файлов данных. Перед началом калибровки всегда создавайте резервную копию файла данных (data.mat).

Если описанные ниже действия не помогли устранить проблемы, обратитесь к представителю компании.

Неисправность	Решение
Окно камеры полностью черное	1. Включите светодиодный индикатор в главном окне. 2. Включите камеру, нажав на кнопку 'Live'
Выравнивание второго слоя смещено более чем на 1 микрон несмотря на то, что наложение камеры показывает идеальное выравнивание.	Выполните калибровку положения гальванометра.
Несовершенное совмещение соседних полей записи	Выполните калибровку шагового механизма.
Невозможно получить желаемое разрешение.	1. Выполните калибровку смещения фокуса, чтобы найти правильное смещение фокуса. 2. Уменьшите дозу экспонирующего излучения. 3. Оптимизируйте процесс проявки фоторезиста (время, молярность). 4. Используйте более тонкий фоторезист
Разработка ведется неравномерно в пределах одного поля записи.	1. Выполните пространственную калибровку мощности лазера. 2. Оптимизируйте процесс создания фоторезиста (время, молярность).

Контакты для связи:

ООО «Криотрейд инжиниринг»
Москва, Полесский проезд, д. 14а
8 (495) 374-69-52
sales@cryotrade.ru

Лист для заметок

Лист для заметок