

Изготовление оптических интегральных схем в Royal Holloway University of London.

1. Подготовка файла рисунка

1.1. Открыть Beamer на рабочей станции в офисе

1.2. Типичный и самый простой скрипт программы показан на рис. 1. Получить скрипт можно следующим образом:

- 1.2.1. Переместить из вкладки Базовых Модулей, модуль **IMPORT**. В появившемся диалоговом окне выбрать файл с рисунком (типично gds-файл, допустимы и другие форматы).
- 1.2.2. Если в файле с рисунком имеются несколько слоёв, то необходимо выбрать нужные при помощи функции **EXTRACT**.
- 1.2.3. Далее, желательно поставить модуль **HEAL**, который позволяет избежать ряд проблем, связанных с ошибками в рисунках к примеру, с такими как наложением двух линий (overlap) и нулевой геометрии.
- 1.2.4. Коррекция дозы выполняется в модуле **PEC**. При этом, для коррекции выбирается готовый рецепт.
- 1.2.5. Наконец, для получения файлов для литографа, используется модуль **EXPORT**. В диалоговом окне необходимо дать названия файла (не используете запрещённые знаки /, \, ?, <, >, *, \ |.) и расширение *.V30. В поле **Machine** выбрать JEOL JBX-8100FS. Кроме этого, во вкладке **Feature Sorting in Field**, в пункте **Feature Order** желательно указать **FollowGeometry**.
- 1.2.6. Итогом работы скрипта, являются два файла: *.jdi –файл с рисунком и *.V30 – файл с дозами.
- 1.2.7. **ВАЖНО!** Описанный скрипт подходит только лишь для небольших оптических схем. В случае зарисовки больших площадей, и/или схем со сложной геометрией, необходимо использовать более продвинутые скрипты, включающие в себя модуль **FRACTURE**, для разбиения рисунка по полям литографа (равное 1000x1000 мкм), использование функций overlap для полей, разбиения структуры по геометрическим элементам и др.

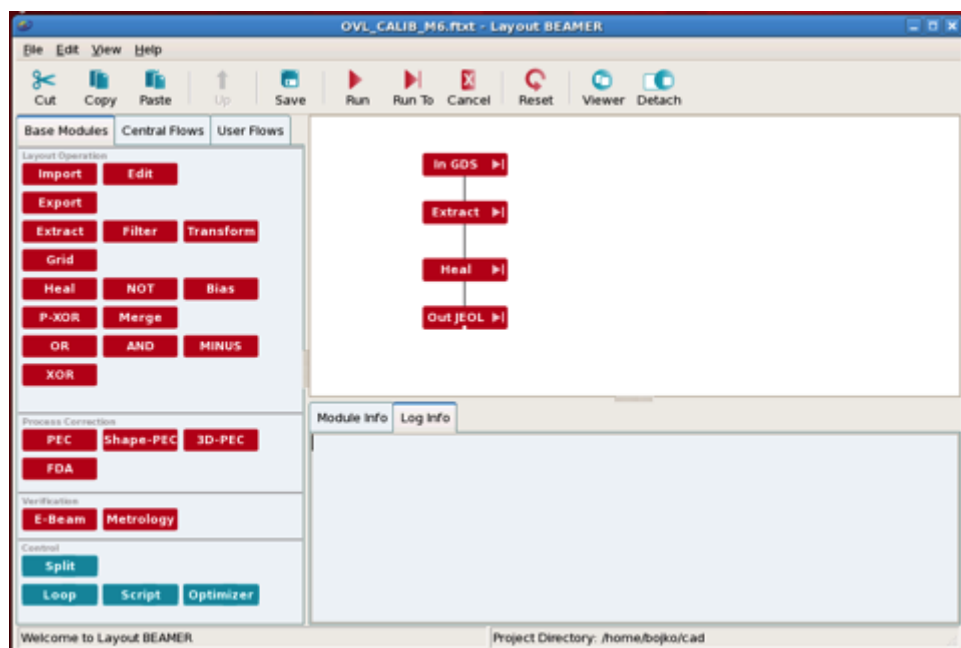


Рис. 1. Скриншот окна программы Beamer для подготовки файла.

2. Подготовка пластины, нанесение резиста.
 - 2.1. Перед нанесением резиста, пластину необходимо очистить. Для этого
 - 2.1.1. Включить печь в среднем химическом шкафу и выставить температуру 65°C.
 - 2.1.2. Подготовить 3 ванночки: Ацетон, Деионизованная вода и Изопропиловый спирт.
 - 2.1.3. Поочерёдно выдержать пластину в каждой ванночке (~5 мин в каждой).
 - 2.1.4. Включить Hot-plate в левом шкафу с центрифугой и установить 170°C.
 - 2.1.5. После чистки пластины в жидкостях, поместить её на Hot-Plate на 2 мин, затем положить её на кремниевую подложку для постепенного остывания.
 - 2.1.6. Положить пластину на столик центрифуги, включить вакуумный насос (выключатель на панели шкафа), на дисплее нажать на кнопку откачки.
 - 2.1.7. Обдуть пластину из воздушного пистолета азотом.
 - 2.1.8. На дисплее центрифуги выбрать рецепт 4000, и убедиться, что в нем выставлено 4000 rpm.
 - 2.1.9. Нанести ГМДС 10 сек, затем ZEP-520A 60 сек.
 - 2.1.10. Запечь резист на Hot-Plate в течении 2 мин при 170°C.
3. Загрузка/Выгрузка образца в литограф.
 - 3.1. Аккуратно достать кассету (рис. 2). Запрещается трогать лицевую сторону, а также боковой выступ.
 - 3.2. Повернуть крепежную пластину (Leaf spring) и достать прижим (Plate).
 - 3.3. Сориентировать подложку по трём медным выступам и убедиться, что она лежит на игольчатом токоснимателе.
 - 3.4. Поместить обратно прижим и зафиксировать его поворотом крепежной пластины.
 - 3.5. Выровнять окно держателя пластины по горизонтали. Либо «на глаз» либо при помощи установки с оптическим микроскопом.
 - 3.6. Открыть дверцу (правую) литографа, повернуть ручной фиксатор в положение Open и нажать на кнопку Open/Close до появления характерного щелчка. Дождаться полного запуска азота в шлюз и открыть крышку.
 - 3.7. Взявшись за верхнюю ручку, достать картридж с кассетой. При этом, центр масс картриджа специально смещен таким образом, чтобы кассета не выпала из него.
 - 3.8. Достать «холостую» кассету из картриджа и загрузить в него кассету с пластиной. «Холостой» картридж убрать в пластиковый бокс.
 - 3.9. Загрузить картридж в литограф, закрыть крышку, повернуть фиксатор и нажать кнопку Open/Close.
 - 3.10. Выгрузку пластины проделать в обратной последовательности.

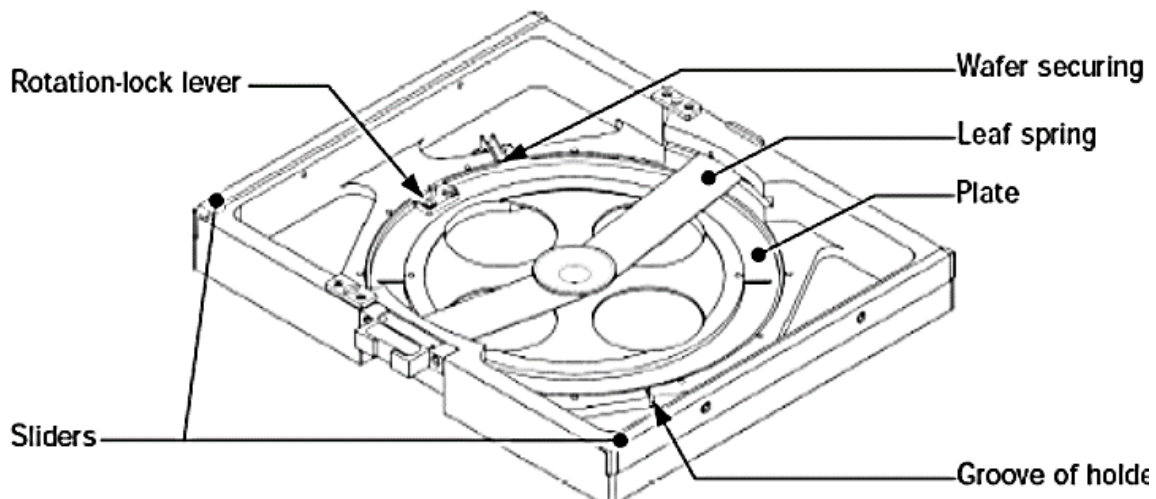


Рис. 2 Чертеж кассеты для загрузки 6-inch пластины (нижняя сторона).

4. Конвертация файлов, получение *.sdf.
 - 4.1. Полученные файлы в BEAMERe, необходимо переместить на сервер литографа (через терминал на ноутбуке рядом с литографом).
 - 4.2. Скопировать имеющийся файл *.sdf с настройками или создать новый и вписать все параметры (как показано на рис. 3).
 - 4.3. Для контроля, желательно пройти собственный чек-лист:
 - 4.3.1. Указана верная позиция в кассете: A, B, C или D.
 - 4.3.2. Выбран нужный файл *.V30
В меню Job Property:
 - 4.3.3. EOS mode: #3
 - 4.3.4. Calibration: 2nA_AP4
 - 4.3.5. Resist: ZEP520A (340uC/cm²)
 - 4.3.6. Calib. Menu: **DIRE01** – если предполагается литография только одной пластины
TEST07 – если пластина будет отрисовываться второй
 - 4.4. Сохранить sdf файл. Открыть созданный и полученный BEAMER-ом *.jdi – файлы.
 - 4.5. Скопировать строчку MODULAT из файла BEAMER-а в новый и сохранить.
 - 4.6. Снова открыть sdf файл и проверить, что дозы записаны верно.
 - 4.7. Сохранить файл и закрыть его.

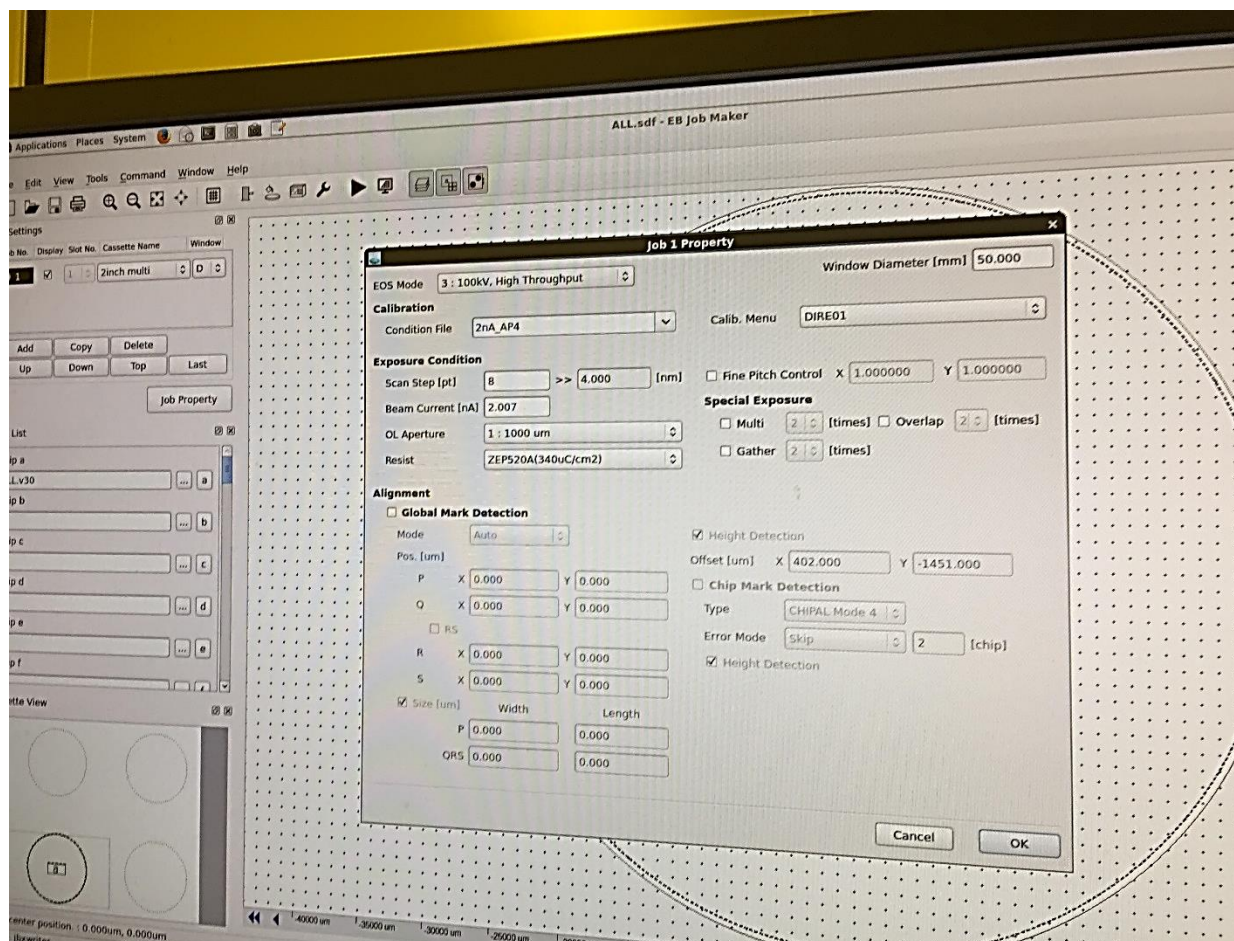


Рис. 3. Снимок экрана литографа с открытой программой Job Maker.

5. Калибровка литографа и процесс литографии
 - 5.1. Открыть JBX writer и убедиться, что верно загружены CONDITION и CALIBRATION файлы. В противном случае, необходимо убедиться, что:

- 5.1.1. Раис в курсе изменений калибровочных таблиц
- 5.1.2. Загрузить таблицу Calibration: 2nA_AP4
- 5.1.3. Выбрать 4-ую линзу.
- 5.1.4. Открыть среднюю дверцу литографа и по таблице на крышке определить номер диафрагмы для 4-ой линзы и тока 2000пА.
- 5.1.5. После проведённых процедур, выждать 30-50 минут.
- 5.1.6. После калибровки тока (CURR MEAS.) переехать на BE марку, включить SEM-режим. Убедиться, что марка полностью попадает в поле, и включить WOBBLER.
- 5.1.7. При помощи ручек на колонне минимизировать дрожание изображения.
- 5.1.8. Далее двигаться согласно стандартной процедуре калибровки таблицы. При этом, полезно на этапе DISTORTION CORRECTION, проследить, что координаты BE марки находятся в центре (рис. 4).
- 5.2. Прodelать все процедуры калибровки (CURR MEAS, AE BE mark detection etc.). Каждая процедура выполняется нажатием кнопки EXECUTE, после выполнения необходимо нажать кнопку SAVE.
- 5.3. Если в процессе калибровки, программа выдает ошибку и/или в заметном отклонении от нормы (к примеру, при плохом детектировании AE, BE марок), то необходимо обратиться к Раису за помощью.
- 5.4. Если в процессе литографии не предполагается использования марок на чипе, то после выполнения дисторсии, можно сразу перейти в закладку EXPOSE.
- 5.5. В левом поле, выбрать необходимый файл (файлы) в той последовательности, в которой они будут отрисовываться. (По этой причине, во втором файле, в Calib. Menu необходимо выбрать **TEST07**, для того, чтобы перед отрисовкой литограф провел калибровку координат и дисторсии).
- 5.6. Для выполнения отрисовки нажать кнопку EXPOSE.

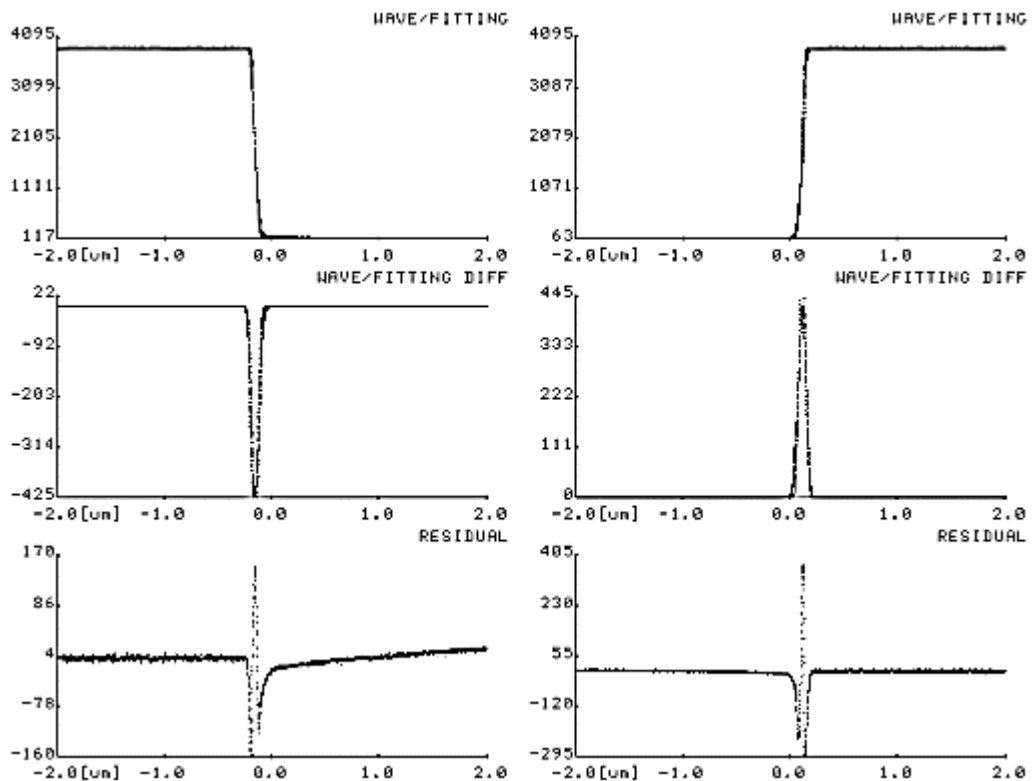


Рис. 4 Пример хорошего детектирования AE-марки.

6. Проявление резиста.
 - 6.1. Подготовить ванночку с O-xylene и ИПС.

- 6.2. Проявлять пластину в течении 50 сек, затем выдержать её в ИПС в течении 1 мин. При этом пластину не трясти.
- 6.3. Включить Hot-Plate в левом шкафу и выставить 155°C.
- 6.4. Провести процесс Reflow в течении 2 мин.
7. Контроль размеров проводится на электронном микроскопе JEOL JSM-6460.
8. Травление Si₃N₄ через окна резиста.
 - 8.1. Подготовить спутники.
 - 8.2. Открыть переднюю дверцу машины плазмо-химического травления и нажать зелёную кнопку On.
 - 8.3. Включить Чиллер (сзади машины).
 - 8.4. В программе нажать Stop→Pump и дождаться откачки камеры.
 - 8.5. Перейти в закладку Process и запустить чистку камеры O₂.
 - 8.6. Напустить в камеру азот (Stop→Vent), при этом машина проведет очистку камеры (Purge) и дождаться полного напуска азота (появится шипение из камеры). На корпусе машины повернуть переключатель в положение UP и одновременно нажать крайние кнопки Action.
 - 8.7. Положить кремниевую пластину и спутник на неё. Повернуть переключатель в положение DOWN и закрыть камеру. Затем откачать её.
 - 8.8. Во вкладке Process выбрать рецепт: SiN_etch_steps и открыть его. Проверить значения рецепта:
 - 8.8.1. Set pressure = 55 mTorr
 - 8.8.2. Step times = 30 sec
 - 8.8.3. Forward Power = 440 W
 - 8.8.4. Helium Backing = 5
 - 8.8.5. O₂ (Gas 2) = 2 sccm
 - 8.8.6. CHF₃ (Gas 4) = 50 sccm
 - 8.9. Провести процесс травления и вскрыть камеру.
 - 8.10. Смыть фоторезист со спутника и измерить толщину травленного нитрида кремния на профилометре (см. п. 9).
 - 8.11. При необходимости, провести дополнительный процесс травления со спутником и контролем толщины.
9. Измерение толщин на профилометре/профилографе.
 - 9.1. Открыть крышку и выдвинуть столик.
 - 9.2. Поместить пластину на столик и передвинуть так, чтобы пластина была напротив иглы. Закрыть крышку.
 - 9.3. В программе двойным кликом нажать кнопку Down при этом столик начнёт подниматься к игле. (Если столик «застрянет», то ещё раз кликнуть). В этот момент необходимо убедиться, что игла коснётся пластины, а не столика.
 - 9.4. Одним кликом нажать на кнопку Up и поднять иглу.
 - 9.5. Переместить пластину так, чтобы сканирование началось с протравленной части.
 - 9.6. Выставить длину сканирования 100-200 мкм и нажать кнопку Start.
 - 9.7. После сканирования, выбрать области для горизонтирования графика. Затем поместить метки на «нижней» и «верхней» областями и измерить высоту.
 - 9.8. Повторить измерения в трёх разных местах и получить среднее значение.