

Площадка, где можно опробовать оборудование для микроэлектроники в реальных производственных условиях

Визит в демонстрационно-маркетинговый центр ОАО «Планар»

Ю. Ковалевский



Оборудование для кристального производства, включая изготовление фотошаблонов, – одна из самых наукоемких областей техники, и развитие этого направления требует не только высокого уровня знаний и технологий, но и значительных ресурсов. Кроме того, сам технологический маршрут изготовления кристаллов микросхем состоит из большого количества операций, и для его реализации необходимо множество различных специализированных технологических установок. Поэтому неудивительно, что во всем мире существует лишь небольшое количество компаний, создающих высокотехнологичное оборудование для современных микроэлектронных производств, причем сфера деятельности каждой из них в той или иной степени ограничена, и если говорить об установках для конкретной операции, количество их производителей на глобальном рынке исчисляется единицами.

Одно из предприятий, работающих в этой непростой сфере, – белорусская компания «Планар», ведущая свою историю со времен СССР и продолжающая создавать оборудование, востребованное как у белорусских и российских предприятий, так и у передовых мировых производителей микроэлектроники.

Мы посетили демонстрационно-маркетинговый центр ОАО «Планар», где генеральный директор Сергей Мирзоевич Аваков и заместитель генерального директора по маркетингу Владимир Иванович Плебанович показали нам ряд установок, созданных компанией, рассказали об их назначении и возможностях, а также о ведущихся в настоящее время разработках.

ДЛЯ ЧЕГО НУЖЕН ДЕМОНСТРАЦИОННО-МАРКЕТИНГОВЫЙ ЦЕНТР

Демонстрационно-маркетинговый центр ОАО «Планар» заработал в 2009 году, а в 2018 году была введена в эксплуатацию его вторая очередь, что перевело его на качественно новый уровень: теперь он располагается в помещениях класса чистоты 4 ИСО (согласно ГОСТ Р ИСО 14644-1) с обеспечением точности поддержания температуры $\pm 0,1^\circ\text{C}$ в отдельных боксах, где установлено оборудование.

Цель создания центра заключалась в том, чтобы заказчики могли познакомиться с новым оборудованием предприятия, выполнить на нем технологические операции для реальных тестовых образцов своей продукции, при этом получив релевантное качество образцов, и благодаря этому принять взвешенное решение о его приобретении.

«Здесь мы работаем с заказчиками и из Беларуси, и из России, и из дальнего зарубежья, – рассказал Сергей Аваков. – Как правило, эта работа включает три этапа. На первом этапе мы знакомим заказчика с оборудованием, проводим для него презентации, рассказываем о возможностях наших решений. На втором этапе заказчик присылает нам свои тест-объекты, которые мы здесь обрабатываем и отправляем заказчику. Он выполняет контроль и измерение объектов, и если результаты его устраивают, мы переходим к третьему этапу: заказчик приезжает сюда, и мы обрабатываем его тест-объекты в его присутствии».

Обработка тестовых изделий заказчика в демонстрационно-маркетинговом центре позволяет выявить особенности и специфические требования, на основании чего часто выполняются соответствующие доработки оборудования. «Такие доработки в особенности характерны для сложных видов установок. В любом случае, мы поставляем заказчику оборудование в том виде, который наиболее органично вписывается в его технологический процесс и максимально удовлетворяет его потребности», – сказал Сергей Аваков.

Помимо работы с заказчиками, демонстрационно-маркетинговый центр выполняет и другие функции. В частности, оборудование центра используется для отработки и совершенствования программного обеспечения разработчиками предприятия, а также для изготовления изделий для собственных нужд, например тестовых фотошаблонов, эталонов, лимбов, шкал и т. п.

ТЕХНОЛОГИИ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ЦЕНТРЕ

В центре реализован полный техпроцесс изготовления фотошаблонов. Помимо собственно формирования топологического рисунка на фотошаблоне, оборудование центра позволяет выполнить контроль полученного изображения на соответствие проектным

данным, измерение критических размеров, координат и определить вместимость комплекта фотошаблонов. Кроме того, если на фотошаблоне имеются дефекты, их можно исправить на специальном оборудовании, также имеющемся в данном центре. По завершении изготовления и контроля фотошаблонов они могут быть закрыты пеликлами. В результате на выходе могут быть получены фотошаблоны, готовые к использованию в производстве.

Также в центре может выполняться ряд операций маршрута формирования топологического рисунка на полупроводниковых пластинах: проекционный и контактный перенос топологии с фотошаблона на пластину, прямое формирование рисунка на пластине методом безмасковой литографии, контроль полученного рисунка в фоторезисте, травление пластин, измерение размеров топологических элементов.

Сергей Аваков пояснил: «Мы укомплектовали наш демонстрационно-маркетинговый центр всем необходимым оборудованием для изготовления фотошаблонов, что, помимо прочего, дает нам возможность изготавливать фотошаблоны для собственных нужд. А в плане обработки пластин мы здесь разместили основные установки, которые позволяют демонстрировать заказчикам возможности нашего оборудования. Реализация полного цикла кристального производства на демонстрационной площадке совершенно нецелесообразна. Так не поступает никто в мире. Это 40–50 единиц дорогостоящего оборудования, которое у нас не будет загружено, ведь мы – не серийная фабрика».

Мы поинтересовались, для процессов с какими проектными нормами и для обработки пластин какого диаметра предназначено оборудование разработки ОАО «Планар». Сергей Аваков ответил, что на предприятии разрабатываются комплекты оборудования различных уровней технологии – от 0,8 мкм до 22 нм. В частности, для производства фотошаблонов может быть поставлена полностью укомплектованная линия с проектной нормой 0,35 мкм, 180 нм, 90 нм, а с учетом разрабатываемых установок в перспективе появится возможность строить линии с нормой 65 нм полностью на оборудовании ОАО «Планар». Примером оборудования для технологий уровня 22 нм может служить установка ремонта фотошаблонов.



Сергей Аваков

Что касается диаметра пластин, сейчас большая часть оборудования предприятия позволяет обрабатывать пластины диаметром 150 и 200 мм. Также выпускается ряд отдельных установок для пластин диаметром 300 мм. По словам Сергея Авакова, доработать установки таким образом, чтобы они могли работать с 300-мм пластинами, большого труда не составляет, для этого, по сути, нужно лишь увеличить рабочий ход координатной системы и оснастить установку соответствующим устройством загрузки. Но пока необходимости в этом не было: в России и Беларуси таких производств нет. «Если установки, рассчитанные на обработку пластин диаметром 300 мм, будут востребованы, мы готовы в достаточно короткие сроки такое оборудование поставить», – сказал он.

Также мы уточнили, может ли использоваться оборудование ОАО «Планар» для обработки пластин из материалов, отличных от монокристаллического кремния. В ответ на этот вопрос Сергей Аваков сказал, что предприятием выпускаются также установки для работы с арсенидом галлия, нитридом галлия, ниобатом лития, КНИ, КНС и другими материалами. «Следует отметить, что многие установки, которые изначально предназначены для обработки круглых кремниевых пластин, могут использоваться также и для работы с другими материалами, например ситалловыми, поликорковыми, кварцевыми подложками. В некоторых случаях бывает нужна лишь небольшая доработка оборудования», – добавил он.

ВНУТРИ ДЕМОНСТРАЦИОННО-МАРКЕТИНГОВОГО ЦЕНТРА

Помещение центра устроено таким образом, что оборудование можно наблюдать через окна, не заходя в комнаты с повышенным классом чистоты, где собственно и расположены установки. Для того чтобы зайти в комнаты с оборудованием, нужно в гардеробе второго переодевания надеть технологический костюм – шлем, комбинезон, маску, перчатки и обувь, которые сводят к минимуму загрязнение атмосферы помещения. Но и при входе в сам центр в гардеробе первого переодевания необходимо надеть специальную одежду, хотя и более простую, а именно: халат, бахилы и шапочку. Сотрудники, работающие непосредственно с оборудованием, проходят два этапа переодевания.



Владимир Плебанович

Первая установка, которую мы увидели, – ЭМ-6439 – предназначена для контроля критических размеров и позволяет измерять субмикронные элементы топологии с воспроизводимостью не хуже ± 5 нм. Как пояснил Владимир Плебанович, данное оборудование применяется для измерения критических топологических элементов размером порядка 0,35–0,5 мкм. Если же нужно выполнить измерения в критических слоях для технологии нанометровых размеров, например 65 нм, необходимо использовать электронный микроскоп. Однако у чипов, изготавливаемых по нанометровым проектным нормам, таких слоев не более трети, а остальные слои могут контролироваться с помощью данной установки, что существенно ускоряет выполнение операции, поскольку применение электронного микроскопа предполагает работу в глубоком вакууме, а значит процессы загрузки и выгрузки пластины занимают достаточно много времени.



Установка контроля критических размеров ЭМ-6439

Многоканальный лазерный генератор изображений ЭМ-5489



Многоканальный лазерный генератор изображений ЭМ-5489 расположен внутри чистой комнаты с особыми требованиями к микроклимату. Данная установка предназначена для формирования изображений топологических элементов в фоторезисте на фотошаблоне либо непосредственно на полупроводниковой пластине по безмасковой технологии, что позволяет в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства или прототипирования выполнять фотолитографию без использования

фотошаблонов. Генератор работает в глубоком ультрафиолете (длина волны лазера составляет 257 нм) и предназначен для использования в технологическом процессе производства микросхем с топологической нормой 0,35 мкм в режиме непосредственного рисования на пластине и 90 нм при изготовлении фотошаблонов. Дополнительной изюминкой для потребителя является то, что на генераторе можно формировать отдельно стоящие топологические элементы с минимальным размером 0,2 мкм.



Участок изготовления фотошаблонов



Сергей Аваков уточнил: «Важно отметить, что размер элементов 0,35 мкм на фотошаблоне не означает, что данная установка предназначена для изготовления микросхем с проектной нормой 0,35 мкм. В процессе экспонирования изображение масштабируется, и такие фотошаблоны уже будут применяться для технологии с нормой до 90 нм».

В отличие от зарубежных аналогов, установка формирует минимальный элемент топологии с помощью не одного, а двух пикселей, что обеспечивает более гладкие и ровные края и высокую точность расположения элементов.

Кроме того, установка характеризуется высокой производительностью: в ней применен принцип растрового сканирования, благодаря чему время формирования изображения не зависит от его сложности, а определяется только площадью экспонирования.

Сергей Аваков отметил: «Аналогичные генераторы выпускаются, кроме нас, пожалуй, лишь одной компанией в мире – производителем из США, мировым лидером по производству технологического оборудования, фирмой Applied Materials. Причем то, что наш генератор позволяет формировать изображение не только на фотошаблонах, но и на пластинах, является дополнительным преимуществом перед американской установкой». По его словам, во многих случаях для генерации изображений на фотошаблонах и пластинах имеет смысл использовать две установки, чтобы исключить переналадку и обеспечить более высокую стабильность технологии. Однако если серийность на предприятии настолько мала, что содержать два генератора

экономически нецелесообразно, то для обеих задач вполне может использоваться и одна установка, поскольку время ее переналадки составляет всего 10 мин. «Такие генераторы оказываются очень эффективными, например, в дизайн-центрах, поскольку позволяют быстро изготавливать небольшое количество опытных образцов разрабатываемых изделий, чтобы убедиться, что изделие может передаваться в серийное производство, либо выявить недоработки, которые должны быть устранены», – добавил генеральный директор предприятия. Кроме того, генератор может использоваться для формирования слоев межсоединений специализированных микросхем на основе базовых матричных кристаллов.

Также в линейке предприятия есть генератор изображений, предназначенный для технологии 180 нм (0,6 мкм при рисовании на пластине), в котором применяется твердотельный лазер, отличающийся повышенным ресурсом. «Производитель заявляет, что ресурс данного лазера достигает 20 тысяч часов», – отметил Владимир Плебанович.

Сейчас предприятие ведет разработку генератора изображений для технологической нормы 65 нм (250 нм при рисовании на пластине). Ожидается, что для заказа он будет доступен в 2024 году.

В следующей комнате расположена химическая лаборатория, где находится оборудование для травления, очистки фотошаблонов, нанесения, проявления и снятия фоторезиста, нанесения пелликов. В данной лаборатории выполняются все химические операции изготовления фотошаблонов и пластин.



Установка измерения координат элементов топологии ЭМ-6309

Далее нам показали установку ЭМ-6309, предназначенную для измерения координат элементов топологии и контроля совмещаемости комплектов фотошаблонов. Для получения топологического рисунка на полупроводниковых пластинах требуется несколько десятков фотошаблонов, и все фотошаблоны должны иметь свой топологический рисунок в одном и том же масштабе. Это и контролируется данной установкой. Она позволяет выполнять измерение координат элементов рисунка с высокой точностью.

Другая установка, относящаяся к контрольному оборудованию, – ЭМ-6729 – позволяет выполнять автоматическую проверку топологии на соответствие проектным данным. Она способна обнаруживать все 43 типа дефектов в соответствии с международной классификацией SEMI. Сергей Аваков подчеркнул, что одним из видов дефектов является наличие так называемых дополнительных конструктивных элементов – тех самых «закладок», которые могут представлять опасность при изготовлении фотошаблонов на неподконтрольных производствах. По его словам, данная установка гарантирует обнаружение «закладок» со 100%-ной вероятностью. Также он отметил, что подобное оборудование, помимо ОАО «Планар», в мире выпускает только одна компания из США – фирма KLA, мировой лидер производства контрольно-измерительного оборудования.

Эта установка способна работать с фотошаблонами для проектных норм 90 нм, а разрабатываемый в настоящее время опытный образец предназначен для технологии уровня 65 нм.

Еще одна разработка предприятия, представленная в демонстрационно-маркетинговом центре, – система для ремонта (ретуши) топологии на фотошаблонах ЭМ-5231. В ней реализованы две технологии: лазерно-стимулированного осаждения металлоорганического вещества из газообразной фазы для устранения прозрачных дефектов и испарения методом лазерной абляции остатков маскирующего покрытия при помощи фемтосекундного лазера. Эта установка, как уже говорилось, обеспечивает уровень технологий до 22 нм. Первая такая машина была поставлена в компанию PDMCX – совместное предприятие Photronics, Inc. и Dai Nippon.

Установка контроля дефектности пластин без топологического рисунка ЭМ-6129

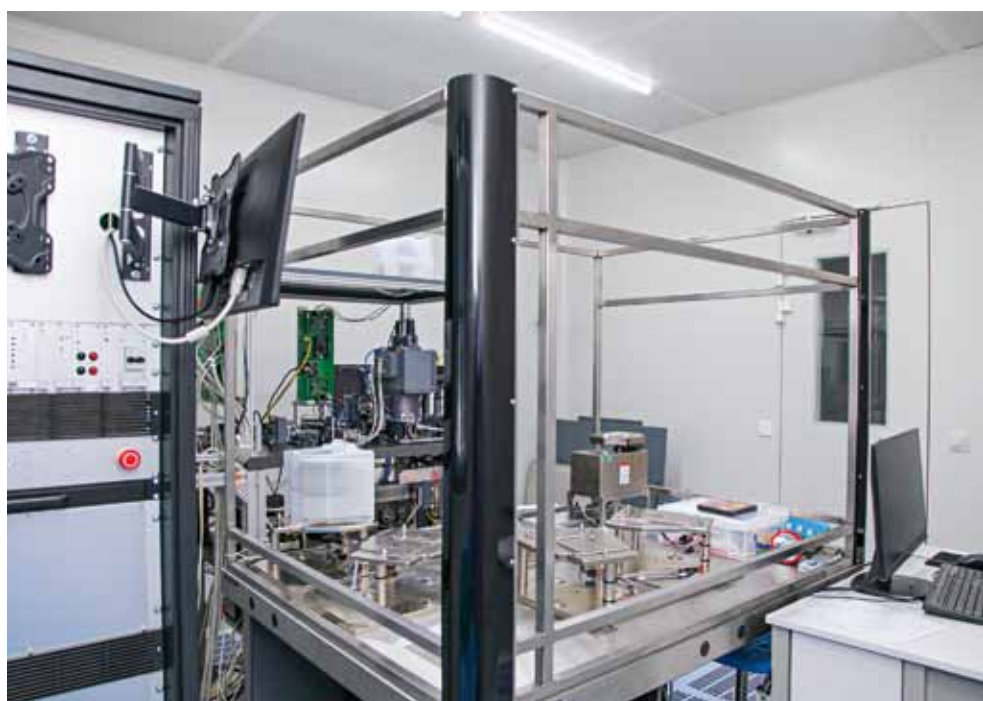
В 2021 году еще одна установка была введена в эксплуатацию в компании Photronics, Inc., после чего еще три такие машины были поставлены на предприятия континентального Китая и Тайваня.

Установка может использоваться не только для исправления дефектов топологических элементов, но и для формирования рисунка на фотошаблонах. В ней, в частности, реализована функция мультиплицирования фрагментов топологии. Причем, как подтверждают представители предприятий-потребителей, она способна выполнять формирование рисунка даже быстрее некоторых электронно-лучевых генераторов изображения.

Однако ее основное предназначение – ремонт фотошаблонов, и она находит применение на крупных передовых производствах фотошаблонов (так называемых mask shop) с большими объемами производства.

Сергей Аваков указал, что у данной установки в мире есть два конкурента – оборудование американской компании RAVE (в 2019 году она была приобретена компанией Bruker, сохранив при этом бренд RAVE) и японского производителя V-Tech. Однако по результатам испытаний, проводившихся в 2017 году одним из крупнейших производителей фотошаблонов, расположенным на Тайване, установка ОАО «Планар» была признана лучшей по своим техническим характеристикам в сравнении с американской и японской машинами. Испытания продолжались около года, после чего данная установка была приобретена этой тайваньской компанией для нового завода и введена в эксплуатацию.

На стадии завершения разработки находится автоматическая система ЭМ-6129, предназначенная для



контроля привнесенной дефектности исходных подложек – без топологического рисунка. Минимальный размер выявляемого дефекта не превышает 45 нм. Она может использоваться для контроля качества выполнения технологических операций в кристалльном производстве, то есть применяться для аттестации оборудования на пылегенерацию или для выходного контроля подложек у производителей пластин.

Работа установки осуществляется полностью в автоматическом режиме. Это оборудование мы также увидели на демонстрационной площадке предприятия.

«Изначально эта машина разрабатывалась под требования американского рынка, однако мы видим для нее хорошие перспективы и в России: она позволяет реализовать один из важнейших элементов контроля – контроль привнесенной дефектности, который вносит большую лепту в процент выхода годных изделий. На ведущих мировых фабриках такой контроль проводится, на 100%-ной основе», – сказал Сергей Аваков.



Степпер в процессе сборки

В завершении экскурсии по демонстрационно-маркетинговому центру нам показали степпер, который находился в процессе сборки. «Данная установка предназначена для переноса топологического рисунка с фотошаблона на пластину с проектной нормой 0,8 мкм. К настоящему моменту мы поставили в Россию уже более 20 таких степперов», – рассказал Владимир Плебанович.

На данный момент у ОАО «Планар» есть серийно выпускаемые модели степперов g-line для проектной нормы 0,8 мкм и i-line для проектных норм 0,5 и 0,35 мкм на ограниченное поле, в процессе разработки находится полноформатный степпер на 0,35 мкм. Линия степперов под проектные нормы 0,5 и 0,35 мкм сейчас проходит стадию активной доводки перед выводом на рынок.

Сергей Аваков отметил: «Создание новых степперов требует очень больших инвестиций. Одним из ключевых компонентов данных установок является высокоопертурная оптика, создание которой требует огромного количества нового технологического оборудования для производства элементов оптических систем, их сборки, центрировки, выполнения прочих операций. Если объем затрат на разработку оборудования для производства фотошаблонов следующего уровня примерно вдвое превышает затраты на технологическое обеспечение его производства, то для степперов затраты на организацию производства, наоборот, в 5–10 раз выше затрат на разработку установки. Соответствующие инвестиции могут окупиться только при достаточно высокой серийности, поэтому условием для более интенсивной работы в этом направлении является наличие потенциального рынка для такого оборудования».

Сейчас на предприятии ведутся новые разработки, включающие создание комплекса технологического оборудования для сборки объективов, которые позволяют серийно выпускать полноформатные степперы уровня 350 и 130 нм. Завершение этих разработок намечено на 2025–2026 годы.

* * *

Безусловно, в демонстрационно-маркетинговом центре представлено не всё выпускаемое предприятием оборудование, однако его возможности позволяют познакомиться с решениями ОАО «Планар» и, как мы ощутили на себе, оценить уровень технологий, которыми оно владеет.

Из слов представителей предприятия, сказанных в процессе нашего посещения центра, следует, что ОАО «Планар» далеко от того, чтобы останавливаться на достигнутом, и надеемся, что мы скоро увидим его новые разработки, которые будут востребованы в том числе российскими микроэлектронными фабриками. ●

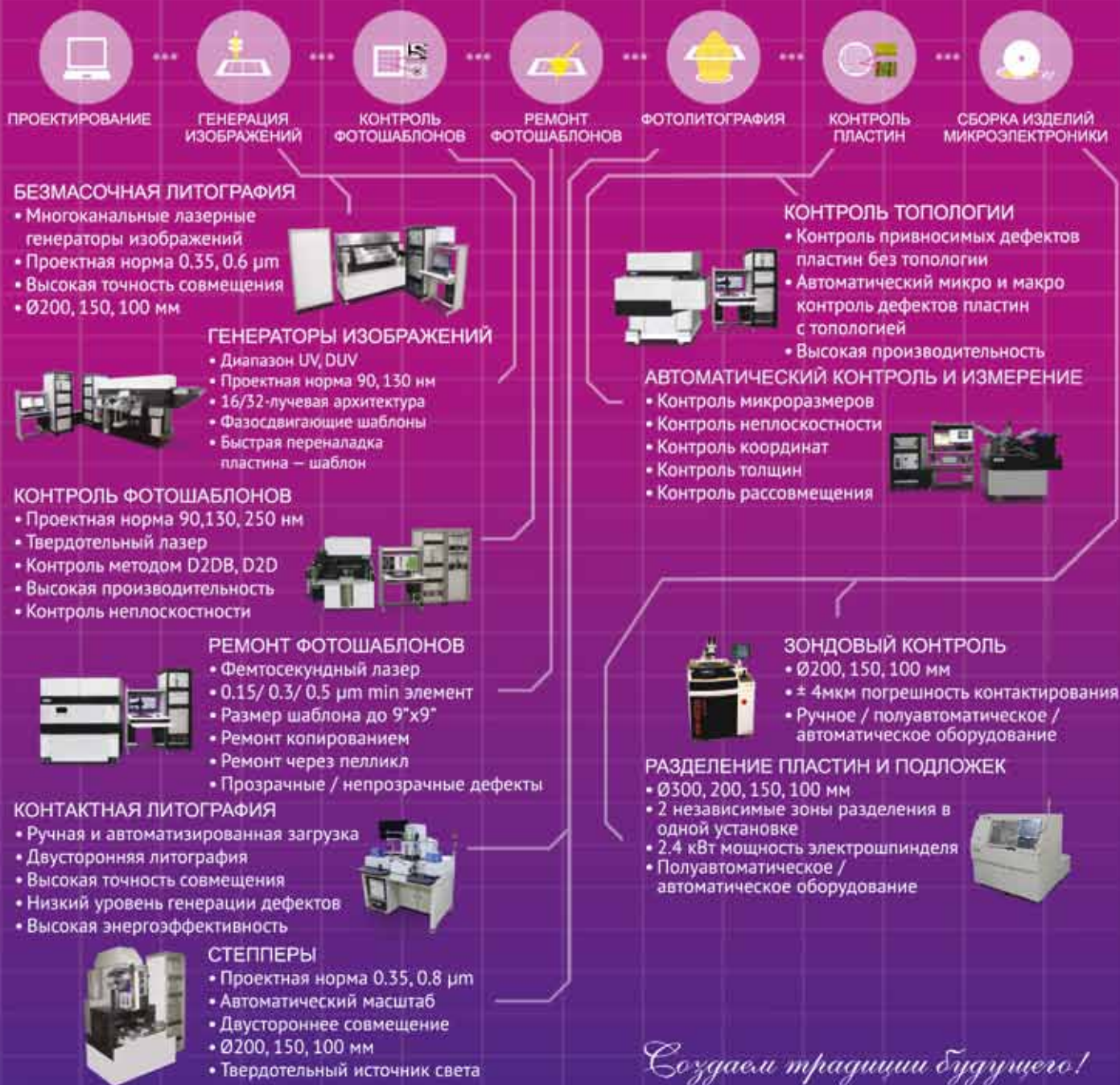
ПРИГЛАШАЕМ НА ВЫСТАВКУ

Благодарим Вас за оказанный интерес к нашему предприятию.

В Москве с 12 по 14 апреля 2022 года, в МВЦ «Крокус Экспо» пройдет 24-я международная выставка «ExpoElectronica» 2022 / 19-я международная выставка «ElectronTechExpo» 2022.

ОАО «Планар» приглашает Вас и ваших коллег посетить стенд № А2087, павильон № 3, зал 14.

Надеемся увидеть Вас в числе наших гостей на выставке!



Создаем традиции будущего!

- Единое таможенное пространство
- 59 лет опыта в разработке и производстве прецизионного оптико-механического и сборочного оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства, высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами

220033, Республика Беларусь, г. Минск, Партизанский пр-т 2, корп. 2-31; факс.: +375 17 226-12-05; тел.: +375 17 297-37-09
www.planar.by, office@kbtem-omo.by

ОТДЕЛ МАРКЕТИНГА
(Оптико-механическое оборудование)
тел.: (+375 17) 223-71-28, kbtem.omo@gmail.com

ОТДЕЛ МАРКЕТИНГА
(Оборудование подготовки кристаллов к сборке)
тел.: (+375 17) 223-22-26, planar_ovep@kbtem.by

