

ОБОРУДОВАНИЕ ГНПО "ПЛАНАР" — РЕГИОНАМ РОССИИ

ГНПО "Планар" — это единый научно-технический комплекс предприятий, который на базе самых современных технологий и синтеза последних достижений науки и техники в различных областях знаний разрабатывает и производит сложнейшее опτικο-механическое, контрольно-измерительное и сборочное оборудование для микроэлектроники. Точное электронное машиностроение является фундаментом в развитии и локомотивом новых технологий как в микроэлектронике, так и во всем радиоэлектронном комплексе. Объединение "Планар" поставляет оборудование, параметры которого находятся на уровне лучших образцов ведущих мировых производителей, на рынки Белоруссии, России, других стран Европы, а также Китая, Ирана, Индии, Южной Кореи.

Быстрое развитие микроэлектроники выдвигает все новые требования к точностным параметрам спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования. Так, в соответствии с законом Мура приведенная площадь кристаллов интегральных микросхем удваивается каждые 18 месяцев, что приводит к соответствующему уменьшению проектных норм. Пропорционально уменьшаются размеры минимального элемента фотолитографического и контрольно-измерительного оборудования, а также ужесточаются требования к точностным параметрам формируемых топологических структур. Все более широкое применение изделий, изготовленных с применением техники повышения разрешения, в частности элементов коррекции оптической близости и фазосдвигающих фотошаблонов, приводит к необходимости уменьшения размеров минимального элемента и точностных параметров с еще большей скоростью [1].

В последние годы в ГНПО "Планар" разработан и освоен в производстве комплекс спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования для формирования топологических структур на фотошаблонах, проекционного и контактного переноса изображений на полупроводниковые пластины, сборки полупроводниковых приборов. Оборудование предназначено для производства интегральных микросхем различной степени интеграции, а также других полупроводниковых прибо-

С.Аваков, д.т.н., Г.Ковальчук, С.Русецкий, Е.Титко
asm@kbtcm.avilink.net

ров. В соответствии с назначением можно выделить следующие классы этого оборудования:

- 1) оборудование для формирования оригиналов топологии интегральных микросхем на фотошаблонах;
- 2) оборудование для переноса изображений на полупроводниковые пластины методом контактной печати;
- 3) оборудование для формирования изображений на полупроводниковые пластины методом проекционного переноса, в том числе широкоформатные степперы;
- 4) контрольное оборудование для кристалльного производства;
- 5) оборудование для сборки интегральных схем и других полупроводниковых приборов;
- 6) оборудование для зондового контроля.

1. Комплект оборудования для формирования топологических структур оригиналов топологии интегральных микросхем на фотошаблонах [2] (рис.1) включает в себя генератор изображений, установку автоматического контроля топологии на соответствие проектным данным и установку исправления дефектов топологии. Параметры оборудования для технологии 0,35 мкм и 90 нм представлены в табл.1 и 2, соответственно. В настоящее время для расширения этого комплекта разрабатываются установки для измерения ширины линии (критических размеров) и контроля совмещаемости комплекта шаблонов.

Модельный ряд генераторов изображений включает в себя лазерные микрофотонаборные генераторы ЭМ5109 с размером минимального элемента 1 мкм и размером рабочего поля 300 300 мм; лазерные многоканальные растровые генераторы ЭМ5189 с размером минимального элемента 0,6 мкм, размером рабочего поля 215 215 мм и точностными параметрами (характеризующими качество топологического рисунка) на уровне 40 нм. Заканчивается освоение в производстве многоканального растрового генератора ЭМ5289 с размером минимального элемента 0,35 мкм. Сейчас изготавливается опытный образец генератора с размером минимального элемента 200 нм и размером вспомогательного элемента 120 нм. Эти генераторы применяют в производстве фотошаблонов для интегральных схем, спроектированных с топологическими нормами

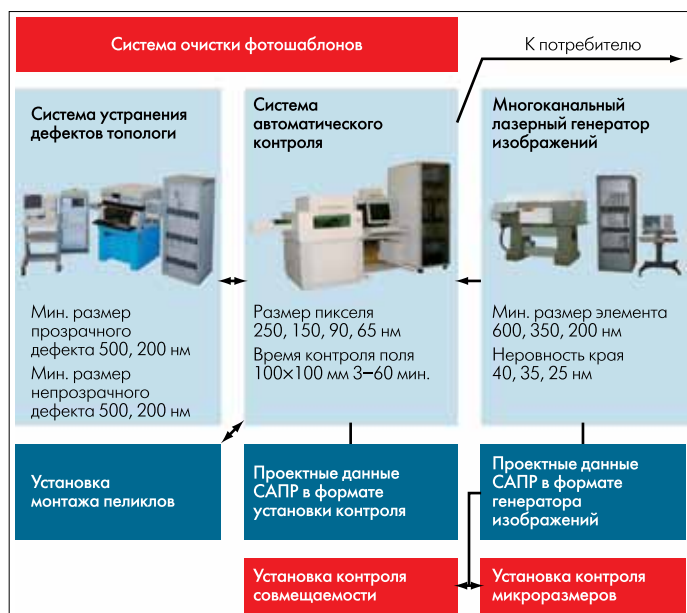


Рис. 1. Комплект оборудования для бездефектного производства фотошаблонов

от 0,5 мкм до 90 нм. При необходимости отдельным заказчикам поставляются генераторы изображения ЭМ5009М для изготовления эмульсионных шаблонов.

Оборудование для автоматического контроля топологии фотошаблонов представлено двумя освоенными в производстве моделями – ЭМ6029Б (размер минимального обнаруживаемого дефекта 0,4–0,5 мкм) и ЭМ6329 (размер минимального элемента 0,25–0,15 мкм). Кроме того, близится к завершению создание опытного образца установки ЭМ6729, которая позволяет обнаружить дефект размером 65 нм. На этих установках проводят автоматический контроль соответствия проектным данным фотошаблонов для интегральных схем с топологическими нормами от 0,5 мкм до 45 нм. Установки обладают высокой производительностью и множеством сервисных возможностей, в числе которых имитационное моделирование процесса фотолитографии при проекционном переносе изображений на полупроводниковые пластины, которое позволяет оценивать фотолитографическую значимость обнаруженных дефектов.

Оборудование для исправления дефектов топологии фотошаблонов представлено установкой ЭМ5001В для лазерного устранения как прозрачных, так и непрозрачных дефектов с минимальным размером 0,5 (0,35) мкм и установкой ЭМ5201 с размером рабочего поля 900 600 мм (размер минимального дефекта 0,5 мкм). Использование пикосекундного импульсного лазера для устранения непрозрачных дефектов позволяет предотвратить повреждение подложки фотошаблона. Также разрабатывается новая модель на базе фемтосекундного лазера – установка ЭМ5131 для устранения дефектов с минимальным размером 0,2 мкм. Во всех описанных моделях непрозрачные дефекты удаляются импульсным лазером, а прозрачные – методом лазерно-стимулированного осаждения металлоорганического вещества из газообразной фазы.

Таблица 1. Комплект оборудования для бездефектного производства фотошаблонов уровня технологии 0,35 мкм

Многоканальный лазерный генератор изображений ЭМ5189	
Размер мин. основного элемента, нм	600
Размер мин. вспомогательного элемента, нм	400
Возможность изготовления фотошаблонов с использованием техники увеличения разрешения	Имеется
Однородность размера, нм	40
Неровность края элементов топологии, нм	40
Однородность сканирования, нм	40
Совмещаемость комплекта фотошаблонов, нм	60
Совмещаемость второго слоя, нм	75
Время экспонирования участка 100 100мм, мин	70
Размер рабочего поля, мм	215 215
Возможность увеличения рабочего поля, мм	300 300
Установка автоматического контроля топологии ЭМ6329 (ЭМ6029Б)	
Обнаружение изолированных дефектов (P=0,95), мкм	0,20, 0,40 (0,40, 0,80)
Обнаружение изолированных дефектов (P=1,00), мкм	0,25, 0,50 (0,50, 1,00)
Обнаружение прилегающих дефектов (P=0,95), мкм	0,25, 0,50 (0,50, 1,00)
Обнаружение прилегающих дефектов (P=1,00), мкм	0,30, 0,60 (0,60, 1,20)
Размер пиксела, мкм	0,25, 0,50 (0,50, 1,00)
Возможность использования системы моделирования процесса проекционного переноса изображений для определения фотолитографической значимости дефектов	Имеется в режиме off-line
Время автоматического контроля участка 100 100мм, мин	25(35)
Возможность контроля фотошаблонов, изготовленных с применением техники увеличения разрешения	Имеется для фотошаблонов с постоянным фазовым сдвигом
Размер рабочего поля, мм	153 153
Возможность увеличения размера рабочего поля по заказу, мм	900 600
Допустимые форматы представления проектных данных	5 89, 5 09, GDS-II, ZBA, 3600F и другие по заказу
Установка лазерного устранения дефектов ЭМ5001Б	
Размер мин. исправляемого прозрачного дефекта, мкм	0,50 (0,35)
Размер мин. исправляемого непрозрачного дефекта, мкм	0,50 (0,35)
Возможность исправления дефектов на фотошаблонах, изготовленных с использованием техники увеличения разрешения	–
Воспроизводимость процедуры наведения на дефект, мкм	0,10
Дискретность размера, мкм	0,10
Размер рабочего поля в базовом исполнении, мм	153 153
Возможность увеличения размера рабочего поля по заказу, мм	900 600

2. Оборудование для переноса изображений на полупроводниковые пластины методом контактной печати представлено пятью моделями (рис.2). Установки ЭМ5026АМ1, ЭМ5026М1 предназначены для одностороннего автоматического и ручного контактного переноса изображений с фотошаблона на полупроводниковую пластину, а установка ЭМ5026Б – для двухстороннего переноса. Кроме того, для реализации технологии контактного переноса применимы установка ЭМ5086 (позволяет формировать знак совмещения на обрат-

Таблица 2. Комплект оборудования для бездефектного производства фототаблонов уровня технологии 90 нм

Многоканальный лазерный генератор изображений ЭМ5389Б	
Размер мин. основного элемента, нм	200
Размер мин. вспомогательного элемента, нм	150
Размер пиксела, нм	120
Возможность изготовления фототаблонов с использованием техники увеличения разрешения	Имеется
Однородность размера, нм	30
Неровность края элементов топологии, нм	30
Однородность сканирования, нм	30
Совмещаемость комплекта фототаблонов, нм	50
Совмещаемость второго слоя, нм	65
Время экспонирования участка 100 100мм, мин	90
Размер рабочего поля, мм	215 215
Возможность увеличения размера рабочего поля, мм	300 300
Установка автоматического контроля топологии ЭМ6729Б	
Обнаружение изолированных дефектов (P=0,95), нм	200, 120, 65, 50
Обнаружение изолированных дефектов (P=1,00), нм	250,150,90,65
Обнаружение прилегающих дефектов (P=0,95), нм	250,150,90,65
Обнаружение прилегающих дефектов (P=1,00), нм	350,200,110,90
Размер пиксела, нм	250, 150, 90, 65
Возможность контроля фототаблонов, изготовленных с использованием техники увеличения разрешения	Имеется для всех типов фототаблонов
Возможность использования системы моделирования процесса проекционного переноса изображений для определения фотолитографической значимости дефектов	Имеется в режиме on-line
Время автоматического контроля участка 100 100мм, мин	80
Размер рабочего поля, мм	153 153
Допустимые форматы представления проектных данных	5 89, 5 09, GDS-II, ZBA, 3600F и другие по заказу
Возможность увеличения размера рабочего поля, мм	900 600
Установка лазерного устранения дефектов ЭМ5131Б	
Размер мин. исправляемого прозрачного дефекта, нм	200
Размер мин. исправляемого непрозрачного дефекта, нм	200
Возможность исправления дефектов на фототаблонах, изготовленных с использованием техники увеличения разрешения	Имеется
Воспроизводимость процедуры наведения на дефект, нм	50
Дискретность размера, нм	50
Размер рабочего поля, мм	153 153
Возможность увеличения размера рабочего поля, мм	900 600

ной стороне пластины) и фотоповторитель ЭМ5062М (позволяет изготавливать мультиплицированные рабочие фототаблоны).

3. Оборудование для проекционного переноса изображений (рис.3) включает в себя как традиционные установки совмещения и мультипликации для проекционного переноса топологии фототаблона на полупроводниковую пластину, так и широкоформатные степперы. Освоена в производстве модель ЭМ5084Б с фотолитографическим



Рис.2. Установки для реализации технологии контактного переноса

разрешением 0,8 мкм, размером модуля 16 16 мм и производительностью 45 пластин диаметром 150 мм в час. Сейчас идет работа над опытным образцом степпера, работающего на длине волны 365 нм (i-линия), с размером модуля 22 22 мм. Освоен в производстве широкоформатный степпер ЭМ5434М для производства печатных плат с высокой плотностью монтажа (ширина проводника 7 мкм и точность совмещения 2 мкм). В стадии наладки находится новая модель степпера для производства ПЗС-матриц ЭМ5634 с размером модуля 50 50 мм и разрешением 1 мкм.

4. Контрольное оборудование для кристаллового производства включает в себя установки автоматического контроля микро- и макродефектов топологии полупроводниковых пластин, установки контроля неплоскостности полупроводниковых пластин, установки автоматического контроля загрязнений полупроводниковых пластин без топологии и др. Установки автоматического контроля микро- и макродефектов топологии полупроводниковых пластин предназначены для контроля после проявления. Установки контроля микродефектов сравнивают изображение каждого чипа с неким усредненным образом чипа, сформированным по мажоритарному принципу. При этом обнаруживаются все типы дефектов, кроме повторяющихся. Размеры обнаруживаемых дефектов 250 нм или 90 нм в зависимости от модели установки. Время контроля 200-мм пластины примерно 40 мин. Установки контроля макродефектов предназначены для обнаружения дефектов, появляющихся в результате выполнения различных операций манипулирования с пластинами, зон расфокусирования изображений и т.п. Производительность контроля составляет более 100 пластин/ч.

5. В области сборочного оборудования (рис.4) НПО "Планар" расширило номенклатуру – разработан функционально законченный ряд сборочного оборудования нового поколения. Освоены новые сборочные технологии – пайка кристаллов силовой электроники в восстановительной среде, двухстадийное утонение полупроводниковых

пластин, сверхплотный монтаж микровыводов. Активно ведутся работы в области перспективных наукоемких направлений, а именно – в сфере неразрушающего контроля микросоединений методом фотоакустического сканирования, высокодинамичного привода и системы технического зрения для оборудования нового поколения.

Несмотря на то, что на постсоветском пространстве практически отсутствуют крупные сборочные производства для корпусирования ИС в стандартных корпусах, собираемые сегодня в России микроэлектронные изделия становятся все более разнообразными. Помимо ИС и БИС, это изделия силовой электроники, СВЧ-приборы, радиационно стойкая ЭКБ, многокристальные сборки, светоизлучающие приборы и др. Поэтому от НПО "Планар" требуется, с одной стороны, со-

Универсальное оборудование для микросварки ЭМ4320-1; -2; -3; -4



Комплект автоматического оборудования для сборки ЧИП-модулей кредитных карточек – ЭМ4485К; ЭМ4360К; ЭМ3037



ЭМ5484Б

ЭМ5434М



Рис.3. Установки проекционного переноса изображений

ЭМ6290

ЭМ2050

ЭМ2048



ЭМ2065

ЭМ4138

ЭМ4585



ЭМ4360

ЭМ4370

ЭМ4227



Рис.4. Сборочное оборудование

Рис.5. Новые виды сборочного оборудования

здать практически по всем видам сборки, помимо специализированных автоматов, более дешевое и гибкое полуавтоматическое и универсальное оборудование, а с другой – выполнить все высокие требования, предъявляемые к технологическим операциям. Перечислим эти требования:

- остаточная величина утонения полупроводниковой пластины – до 100 мкм;
- ширина реза – 40 мкм;
- погрешность монтажа кристаллов – 25 мкм;
- погрешность монтажа выводов – 5 мкм.

На рис.5 представлены новые виды сборочного оборудования.

6. Оборудование для зондового контроля. Многолетнее сотрудничество с российскими потребителями некоторых видов оборудования может стать основой качественно нового в производстве изделий микроэлектроники этапа – технического перевооружения основных технологических линий. Это относится в первую очередь к оборудованию зондового контроля (рис.6). Именно в этой области в последние годы произошли кардинальные изменения во взглядах на

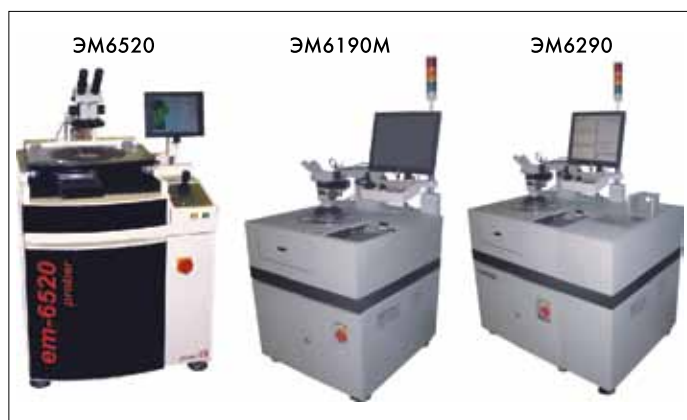


Рис.6. Оборудование для зондового контроля

роль сборки – ее значимость возрастает, так как часто характеристики изделия зависят именно от нее [3]. Это означает, что теперь, когда появились развитая сеть дизайн-центров и возможность изготовления пластин на современных кремниевых фабриках, отечественная микроэлектроника может возникнуть благодаря новым сборочным технологиям.

Надо сказать, что для развития НПО "Планар" очень важен тот факт, что разработка и освоение оборудования нового поколения совпали с началом роста российской микроэлектроники. Так, объем поставок оборудования в Россию вырос в 2007 году по сравнению с 2006 годом на 15%. Показатели поставок оборудования по регионам России за 2008 год представлены на рис.7.

Итак, какие же основные задачи в области развития спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования стоят сегодня перед специалистами НПО "Планар"?

- Освоение производства многоканальных лазерных генераторов изображений на фотошаблонах и полупроводниковых пластинах, позволяющих работать с проектными нормами до 0,18 мкм – ЭМ5289, ЭМ5489 и до 90 нм – ЭМ5389.
- Освоение производства установок автоматического контроля топологии фотошаблонов, обеспечивающих контроль топологии на соответствие проектным данным

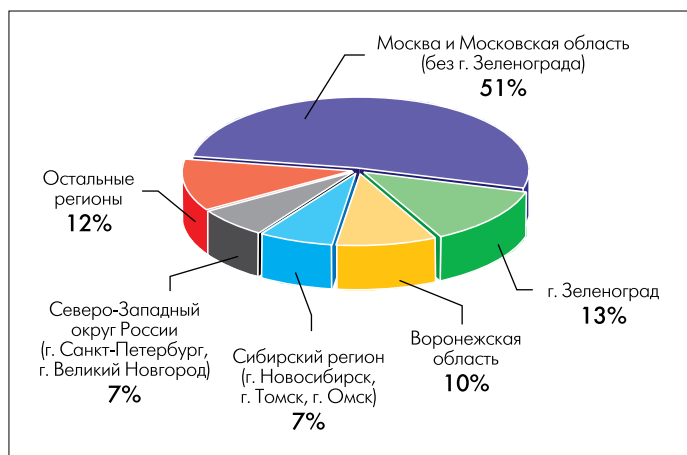


Рис.7. Поставка оборудования НПО "Планар" в регионы России

уровня технологии 0,11 мкм – ЭМ6329Б и 0,065(0,045) мкм – ЭМ6729.

- Освоение производства установок ремонта топологии фотошаблонов, позволяющих устранять прозрачные и непрозрачные дефекты топологии уровня технологии 90 нм – ЭМ5131.
- Дальнейшее совершенствование широкоформатных установок совмещения и мультипликации (степперов), предназначенных для производства светочувствительных линеек и матриц высокого разрешения, для экспонирования подложек печатных плат с повышенной плотностью монтажа и шириной проводников 5–7 мкм, для формирования бампов (столбиковых выводов) в процессе реализации новых технологий сборки интегральных микросхем.
- Разработка и освоение производства автоматических установок совмещения и мультипликации для формирования структур с фотолитографическим разрешением 0,35 и 0,18 мкм.
- Освоение в производстве степпера с увеличенным размером рабочего поля (50 50 мм) – ЭМ5634.
- Освоение в производстве конкурентоспособного мультипликатора для производства печатных плат высокой плотности соединений (достигнутый уровень) и для бампинга.
- Техническое перевооружение технологических линий зондового контроля, утонения, подготовки кристаллов к сборке, монтажа кристаллов и выводов современным оборудованием собственного производства.
- Опережающее развитие новейших сборочных технологий – flip-chip, экстремальное утонение, прецизионные многокристальные сборки, системы на кристалле и в корпусе.

Освоение в производстве более 15 моделей спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования нового поколения, разработанного как в рамках государственных программ, так и с использованием других источников финансирования, позволяет прогнозировать дальнейшее устойчивое развитие деятельности НПО "Планар".

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Arden [et al.]. Lithography Trends based on the Projection on the ITRS. – VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik GMM Fachbericht, 2005, № 45, p. 217–226.
2. Avakaw S.M., V.A. Iouditski, L.V. Pushkin, A.A. Tsitko. A complete set of the special process equipment for the defect-free production of reticles. – SPIE, 2007, vol. 6533, p. 1-B1–1-B9.
3. Joseph Fjelstad. Materials and Methods for IC Packaging Assemblies. – Advanced Packaging, August, 2005.