

11, ноябрь 2015

УДК 658.8.012.12

Особенности рыночного позиционирования инновационного литографического оборудования

*Булдовская М.Л., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Кафедра «Экономика и организация производства»*

*Научный руководитель: Постникова Е.С., к.т.н.,
доцент кафедры «Экономика и организация производства»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Полупроводниковая промышленность является ключевым фактором производства любой электронной техники и своими тенденциями развития задает направление всей отрасли, где приоритетным сегментом является микроэлектроника. То есть, полупроводниковая промышленность является технологическим стимулятором и средством, раскрывающим новые возможности совершенствования всей цепочки изготовления микроэлектроники.

Уже около 20 лет полупроводниковая промышленность показывает среднегодовой рост порядка 13%, что говорит о непрерывном совершенствовании технологии, обеспечивающей устойчивый спрос на данный вид продукции. Поскольку конфигурация микросхем быстро устаревает, многие полупроводниковые приборы имеют очень короткий жизненный цикл. Как следствие, рынок полупроводников очень динамичен и диктует потребность в высокой степени гибкости и инновационности технологии.

Отличительной особенностью организации современного полупроводникового производства является потребность в «чистых» помещениях и высокоточном оборудовании. Под «чистым» помещением подразумевается помещение, где поддерживается заданная минимальная концентрация взвешенных в воздухе частиц. Степень инновационности оборудования в большей мере задается литографическими установками, поскольку именно они определяют достижимый технологический уровень структуры (итоговую разрешающую способность) изделия, а оборудование для последующей технологической обработки микросхемы подстраивают под уже заданные параметры.

При организации микроэлектронного производства компании-производители проводят оценку экономической целесообразности закупки новейшего оборудования с предельной разрешающей способностью, прогнозируя будущую рентабельность продукции при массово-поточном производстве.

В настоящий момент на рынке литографического оборудования в большинстве представлены установки, работающие по технологиям масочной фотолитографии. Наиболее доступной и широко применяемой является иммерсионная фотолитография. В (табл. 1) представлены результаты сравнения наиболее распространенных методов литографии по ключевым параметрам.

Таблица 1

Сравнение ключевых параметров распространенных методов литографии

Метод литографии	Параметр сравнения	Затраты на фотошаблоны [млн \$]	Окупаемость изделия только при массовом производстве	Max разрешающая способность	Производительность [пластин в час]
Иммерсионная фотолитография с DP		1,2	+	60 нм	200
ЭУФ - литография		0,25	+	22 нм	100
Электронно-лучевая литография		0	-	1 нм	0,1

Из приведенных в таблице данных видно, что существующие методы литографии отличаются по ряду параметров, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, что определяет область их применения. Так, высокоточная и малопродуктивная электронно-однолучевая литография используется только при изготовлении фотошаблонов для последующего их использования в процессе фотолитографии. А фотолитографические высокопроизводительные установки занимают нишу оборудования для массового производства микросхем миллионными тиражами, что позволяет окупить большие затраты на фотошаблоны. Производители с малым объемом продукции или экспериментальным тиражом внедряемых изделий не могут позволить себе таких затрат на фотошаблоны для пробной партии. Это не способствует развитию

высокоточных технологий. Таким образом, определенную часть потребностей рынка существующие методы литографии не покрывают.

Специалисты голландской компании Mapper Lithography на базе Делфтского технологического университета (Нидерланды) разработали новый метод литографии, для реализации которого уже более 10 лет проектируют инновационную литографическую установку. Инновационность решений Mapper Lithography и их основное отличие от конкурентов состоит в использовании безмасочной электронно-лучевой литографии (Electron-beam lithography, E-beam) с применением не одного электронного луча, как это делалось ранее, а путем разбиения луча на пучок из 13 000. Технология позволяет управлять каждым из лучей в отдельности, что дает возможность экспонировать по уникальной конфигурации. Такое новшество исключает использование дорогостоящих фотошаблонов, при этом дает возможность добиваться максимального разрешения без понижения производительности или удорожания процесса.

Данная технология была запатентована голландской компанией Mapper Lithography. В настоящее время существует несколько промышленных прототипов литографического оборудования для реализации инновационной технологии, которые были приобретены и проходят тестирование у ведущих игроков отрасли — тайваньской компании TSMC и научно-исследовательского института микроэлектроники CEA-Leti (Франция).

Отличительной чертой инновационных проектов является высокая степень неопределенности. Проекты, которые разрабатывают и внедряют на рынок новые технологии, характеризуются непредсказуемостью достижения экономических результатов, поэтому несут большие риски. Одним из основных типов рисков для Mapper Lithography являются маркетинговые риски, а именно правильное позиционирование инновации на рынках микроэлектроники и литографического оборудования.

Поскольку инновация является динамически непрерывной, то требует от потребителей значительных изменений в поведении. Внедрение на предприятии литографов нового поколения от Mapper Lithography потребует кардинальной перестройки производства. Многие предприятия могут быть не готовы к таким изменениям, кроме того эти перемены станут источником значительных дополнительных затрат. В связи с этим возникает ряд вопросов, требующих особого внимания при выборе правильной стратегии позиционирования инновационной установки.

Рассмотрим несколько вариантов позиционирования инновационной технологии Mapper Lithography на рынке литографического оборудования:

1. Позиционирование на рынке литографического оборудования по производству фотошаблонов.
2. Позиционирование на рынке литографического оборудования по производству полупроводниковых микросхем.
3. Создание нового рынка литографического оборудования.

Для успешной реализации проекта необходимо грамотно представить инновацию с точки зрения потребителя, оценить готовность рынка к восприятию новшества и проанализировать конкурентов.

Существующие технологии литографии при производстве одного процессора подразумевают использование комплекта из 15-30 типов фотошаблонов, что приводит к большим временным и денежным затратам. Только очень крупные предприятия могут организовать собственное производство фотошаблонов, остальные вынуждены делать разовые заказы, потребность в которых полностью удовлетворяют порядка 2-3 фирм-производителей по всему миру. Число потребителей инновационного оборудования для производства фотошаблонов будет очень мало. Позиционирование инновации на этом рынке приведет к увеличению спроса на фотошаблоны, а не к развитию безмасочной литографии, что является основным преимуществом новой технологии.

Рынок литографического оборудования для производства полупроводниковых микросхем на сегодняшний момент, фактически, представлен тремя крупными производителями: ASML, Nikon и Canon.

Сравнение инновационной установки Mapper Lithography по определяющим параметрам для покупателей проведем с установкой «NXT:3100» компании ASML, занимающей на сегодняшний день лидирующие позиции (табл. 2).

Инновационная установка уступает лидеру рынка по производительности, но устроит потребителей с мелкой или экспериментальной серией выпуска микросхем. Максимально-возможного разрешения изделия позволяет добиться именно установка Mapper Lithography, но показатель оверлея на первом этапе ограничивает это значение, поскольку максимальная величина параметра не гарантирует оптимального качества.

Сравнение параметров основных методов литографии в микроэлектронике

Параметр сравнения	Краткая характеристика параметра	Установка ASML «NXT:3100»	Установка Mapper Lithography
Производительность [пластин в час]	Число обрабатываемых установкой пластин в час	100	10
Разрешение микросхемы [нм]	Размер минимального рисуемого элемента	65	28
Оверлей [нм]	Ошибка при совмещении рисунка установкой относительно плановой позиции	6	20
Диаметр подложек [мм]	Пластины большего размера позволяют получать микросхемы меньшей себестоимости	300	300 и 200
Цена [млн евро]	Первоначальная стоимость установки для потребителя	60	10
Дополнительные затраты потребителей на фотошаблоны [млн евро]	Величина затрат рассчитывалась на изделия с максимально-допустимым разрешением, так как цена фотошаблона зависит от данного параметра	2	0

Еще одним преимуществом инновационной установки можно выделить различную конфигурацию диаметра подложки. Все современные тенденции ведут к увеличению данного параметра, так как количество и трудоемкость операций для изготовления 100 пластин примерно одинаковые, то производителям с малым объемом выпуска микросхем невыгодно переплачивать крупную сумму за ненужную им опцию.

По совокупности параметров можно сделать вывод, что инновационный продукт обладает специфическим рядом свойств, который не позволяет удовлетворить потребности всех производителей микросхем и полностью заместить рынок литографических установок.

Но инновационная установка может открыть новый рынок. Потенциальных потребителей такой инновации условно можно разделить на три типа.

1. **Память.**

Производители микросхем памяти, предназначенных для хранения информации, расходуют средства на маски нечасто (т.к. обновление продукции происходит всего несколько раз в год), но есть необходимость в прототипировании при создании новых дизайнов микросхем, которое позволяет подобрать базовую функциональность при «черновой» реализации элемента с последующим анализом его пригодности.

2. **Логика.**

Потребители микросхем логики (микропроцессоров) имеют потребность в масках — около 100 комплектов в год со стоимостью \$200–300 млн. Это сопоставимо со стоимостью парка всего литографического оборудования. Данный сегмент является ключевым источником спроса на инновационные безмасочные высокопроизводительные машины.

3. **Небольшие фабы (память и логика).**

Небольшими фабриками (Fab lab - fabrication laboratory) называют мастерские, предлагающие возможность изготавливать необходимые микросхемы, если пробную опытную партию для разработчика нового типа микросхем создать своими силами не представляется возможным. Это увеличивает их расходы на маски и повышает привлекательность для них безмасочной технологии.

Таким образом, электронно-лучевая безмасочная литографическая установка Mapper Lithography ориентирована на компании с небольшим объемом выпуска изделий или для покрытия потребности в экспериментальных партиях. Отсутствие необходимости заказывать маски делает рентабельным для таких компаний выпуск даже минимальных партий чипов. На стадии разработки дизайна микросхемы большое число фотошаблонов заказывается на пробу, часть из них в дальнейшем не используется, что приводит к существенному удорожанию. Оборудование Mapper Lithography позволит на этапе проектирования проверить работу чипа во всех вариантах исполнения, подобрать наилучший без значительного удорожания затрат на разработку и обеспечит сокращение времени выхода новой электроники на рынок. Уникальные чипы для уникальных приборов можно будет делать намного проще и дешевле. Соответственно, разработав такую установку, Mapper Lithography не столько выходит на конкурентный рынок, сколько открывает новую область производства, заняв свободную нишу на рынке литографического оборудования.

Список литературы

1. Баранчев В.П., Масленникова Н.П., Мишин В.М. Управление инновациями. М.: Юрайт, 2009. 711 с.
2. Булаев П.В. Запуск московского завода Mapper Lithography по производству МЭМС оптики для литографического оборудования нового поколения. Режим доступа: http://www.nanometer.ru/2014/07/25/14062835104499_415036.html (дата обращения 20.04.2015).
3. Воробьев Ю.В., Добровольский В.Н., Стриха В.И. Методы исследования полупроводников. К.: Высшая школа, головное изд-во, 1988. 232 с.
4. Мартынов В.В., Базарова Т.Е. Литографические процессы. М.: Высшая школа, 1990. 128 с.
5. ОАО «Роснано» Безмасочная литография: создание производства электронно-лучевых литографических систем с разрешением 22 нм и выше для промышленных и исследовательских применений. Режим доступа: <http://www.rusnano.com/projects/portfolio/mapper> (дата обращения 20.04.2015).
6. Секерин В.Д., Герцвольф Л.Б. Инновационный маркетинг. М.: ИНФРА, 2012. 854 с.