

От замысла до воплощения: принципы успешного партнерства разработчиков СТО и производителей ЭКБ

А. Алексеев¹, С. Петров¹, Е. Чукавов²

Отечественные производители ЭКБ с осторожностью относятся к российским разработчикам вакуумного технологического оборудования. Между тем, ведущие отечественные предприятия имеют целый ряд преимуществ перед своими зарубежными коллегами: они гораздо лучше понимают особенности технологических задач пользователей, готовы вместе с ними искать решения и предоставлять постоянную всестороннюю поддержку, часто уже вне сроков гарантийного обслуживания. Когда речь заходит о реальной эксплуатации технологического оборудования и снижении издержек на его обслуживание, ценность такого подхода становится очевидна.

Специфика российского рынка вакуумного технологического оборудования для создания ЭКБ заключается в широком разнообразии задач отечественных пользователей, которые они часто стараются решить на базе одной технологической линейки. В то же время объемы выпуска различных типов ЭКБ в России по мировым меркам невелики при сохранении чрезвычайно высоких требований к качеству выпускаемой продукции. Эти особенности, требующие от оборудования гибкой конфигурации в сочетании с низкой стоимостью его эксплуатации в условиях мало- и среднесерийного выпуска ЭКБ, далеко не всегда могут быть учтены в зарубежных установках.

Отечественные разработчики и производители специального технологического оборудования (СТО) стараются глубже вникать в проблемы каждого конкретного заказчика. Часто это приводит к необходимости клиент-ориентированных доработок серийно выпускаемой продукции или даже созданию принципиально новых моделей. При условии выстраивания эффективно взаимодействующего с заказчиком такое сотрудничество трансформируется в крепкое партнерство. В его основе лежит не только уверенность в порядочности разработчика оборудования, его опыте, компетенциях, но и способность оперативно решать текущие проблемы, готовность к всесторонней поддержке пользователя в долгосрочной перспективе.

Петербургскую компанию ЗАО «НТО» (SemiTEq®) можно назвать и молодой, и опытной одновременно. Созданная 18 лет назад профессионалами в области

молекулярно-лучевой эпитаксии, сегодня ЗАО «НТО» – безусловный лидер на отечественном рынке разработки и обслуживания МЛЭ-установок, а также один из ведущих российских разработчиков и производителей широкого спектра специального технологического оборудования, востребованного для производства перспективной ЭКБ. Приоритетным для ЗАО «НТО» уже долгие годы является не только решение специфических задач российских заказчиков, но и выстраивание стабильных и долгосрочных партнерских отношений с каждым клиентом. Один из таких ярких примеров – сотрудничество ЗАО «НТО» с научно-техническим комплексом микроэлектроники «Омского научно-исследовательского института приборостроения (АО «ОНИИП»), который ведет разработки в области перспективной ЭКБ для радиоэлектроники с последующим серийным производством микро-, акусто-, электронной техники. В технологических циклах предприятия широко востребованы тонкопленочные технологии и оборудование для их реализации.

Начальник Прикладной лаборатории ЗАО «НТО» Станислав Петров о начале совместной работы с АО «ОНИИП»: «История сотрудничества с АО „ОНИИП“ началась в 2013 году с предложения наших партнеров ООО „Остек-ЭК“, представляющих интересы ЗАО „НТО“ на российском рынке, принять участие в конкурсе на поставку специализированного технологического оборудования. В это время научно-технический комплекс микроэлектроники АО „ОНИИП“ проводил техническое перевооружение, направленное на расширение технологических возможностей разработки и выпуска перспективных видов продукции.

Сформулированные заказчиком технические требования к установке магнетронного напыления, а также

¹ ЗАО «НТО», sales@semiteq.ru.

² АО «ОНИИП», chukavov@oniip.ru.

к параметрам технологических процессов потребовали серьезной проработки. Важно, что у нас была давно сложившаяся профессиональная команда разработчиков и технологов, имеющих компетенции в сфере создания такого сложного оборудования, как, в частности, установки молекулярно-лучевой эпитаксии, что давало уверенность в успешной реализации проекта. При этом мы понимали, что специалисты АО «ОНИИП», имеющие огромный, многолетний опыт работы на данном типе установок, четко представляют необходимый функционал и конструкцию оборудования, что обеспечит решение их технологических и производственных задач. Поэтому мы заранее были ориентированы на строгую реализацию технического задания и долгосрочное техническое сопровождение наших установок в режиме сотрудничества со специалистами АО «ОНИИП».

Чтобы обеспечить выполнение всех технических и технологических требований на этапе изготовления и поставки оборудования, было принято решение о детальном согласовании с технологами АО «ОНИИП» особенностей конструкции, которые существенно влияли как на функционал, так и на эргономику оборудования. Благодаря тесному взаимодействию специалистов нам удалось в сжатые сроки коммерческого контракта не только сформировать концепцию, но и реализовать новую разработку, обеспечившую выполнение всех заложенных в ТЗ технических требований в сочетании с удобной эргономикой. Использование бесценного опыта специалистов АО «ОНИИП» было чрезвычайно важным, во многом – решающим фактором нашего успеха».

Результатом разработки стала установка STE MS116 (рис. 1) с реактором, состоящим из двух частей: неподвижного блока источников и подъемной верхней части. В нижней части расположен ионный источник для предварительной очистки подложек перед напылением и магнетроны, а над ними вращающаяся «карусель» для шести образцов диаметром до 150 мм (или для 24 подложек размером 60 × 48 мм).

Такая конфигурация позволила реализовать в реакторе напыление «снизу вверх» и предотвратить загрязнение поверхности образцов. Их нагрев обеспечили резистивные нагреватели, расположенные над каждым магнетроном в подъемной верхней части реактора. То есть нагреватели были доступны для выполнения регламентных работ. В рамках разработки было принято решение о необходимости использования индивидуальных заслонок и кварцевых толщиномеров для каждого из четырех магнетронов, а также автоматизированной системы позиционирования подложки относительно заданного источника напыления. Совместно с технологами заказчика были уточнены алгоритм автоматического напыления последовательно слоев и его визуальное представление в компьютерном интерфейсе управляющей программы.



Рис. 1. Установка магнетронного напыления STE MS116

После завершения в 2014 году этапа комплексного тестирования установки на базе Прикладной лаборатории ЗАО «НТО» и технической приемки технологами заказчика установка магнетронного напыления STE MS116 была успешно введена в эксплуатацию в научно-техническом комплексе микроэлектроники АО «ОНИИП» (рис. 2). Сегодня STE MS116 обеспечивает возможность напыления последовательности слоев по заданному рецепту в автоматическом режиме для разработки и производства приборов на основе тонкопленочных покрытий в производственном цикле создания систем связи. На этой установке осуществляется осаждение слоев AlN, Mo и SiO₂ при



Рис. 2. Установка магнетронного напыления STE MS116 в производственном цикле научно-технического комплекса АО «ОНИИП»



Рис. 3. Установка магнетронного напыления STE MS900

разработке и последующем выпуске СВЧ-фильтров нового поколения на объемных акустических волнах FBAR (film bulk acoustic resonator), а также при разработке других приборов, востребованных в широкой номенклатуре изделий, создаваемых в научно-техническом комплексе микроэлектроники АО «ОНИИП».

Система магнетронного напыления STE MS116, в полной мере воплотившая технические представления специалистов АО «ОНИИП» о конструкции и функционале оборудования, стала прототипом для создания установок магнетронного напыления SemiTEq серии MS900.

Так, в 2014 году на основе STE MS116 в ЗАО «НТО» были разработаны две модели установок магнетронного напыления – STE MS900 и STE MS900S (специальная версия)



Рис. 4. Установка магнетронного напыления STE MS900 в производственном цикле научно-технического комплекса АО «ОНИИП»

с расширенным функционалом и дополнительно улучшенной эргономикой (рис. 3).

В новых установках обеспечен облегченный доступ к внутреннему устройству камеры благодаря увеличенному размеру реактора и оптимизации конструкции верхней крышки. Кроме того, улучшен ряд технических параметров системы, в частности увеличена температура нагрева образцов до 700 °С, добавлены возможности переворота подложек для режима двустороннего напыления и изменения расстояния магнетрон-подложка в диапазоне 50–200 мм для оптимизации однородности и скорости напыления.

Установка STE MS900 специально сконфигурирована для одновременного напыления на пять пластин диаметром до 200 мм (или 30 подложек 60×48 мм), а установка STE MS900S – для одновременного напыления на шесть пластин диаметром до 150 мм (или 24 подложки 60×48 мм). Следует отметить, что в установках серии MS900 используются магнетронные (с прямым и косвенным охлаждением) и ионные источники производства ЗАО «НТО», разработанные в рамках проекта. Кроме того, предусмотрена возможность дооснащения систем электронно-лучевыми или термическими источниками.

В 2015 году в рамках следующей поставки на площадке научно-технического комплекса микроэлектроники АО «ОНИИП» были успешно введены в эксплуатацию установки STE MS900 и STE MS900S (рис. 4). В ходе углубленного технологического тестирования специалисты Прикладной лаборатории ЗАО «НТО» отработали и продемонстрировали совместно со специалистами АО «ОНИИП» целевые технологические процессы, в частности напыление слоев SiO₂, ITO, NdAlO₃, TaN, Cu, Cr, NiCr, Al, Ni, резистивных сплавов и др.



Рис. 5. Установка плазмохимического травления STE ICP200E

В том же году была поставлена и успешно введена в эксплуатацию серийно выпускаемая ЗАО «НТО» установка плазмохимического травления STE ICP200E (рис. 5).

В конце 2015 года технологи научно-технического комплекса микроэлектроники АО «ОНИИП» приступили к производственной эксплуатации установки STE ICP200E в различных технологических маршрутах (рис. 6). В частности, сегодня установка используется для выполнения операции сухого плазменного травления с целью прецизионной подгонки частоты резонаторов, выпускаемых на базе научно-технического комплекса микроэлектроники.

В то же время технологи Прикладной лаборатории ЗАО «НТО» в течение нескольких лет разрабатывали технологический процесс глубокого анизотропного травления кремния (рис. 7) при помощи последовательных операций пассивации и травления (так называемый Bosch-процесс). Данный процесс проводится в комбинированной



Рис. 6. Установка плазмохимического травления STE ICP200E в производственном цикле научно-технического комплекса АО «ОНИИП»

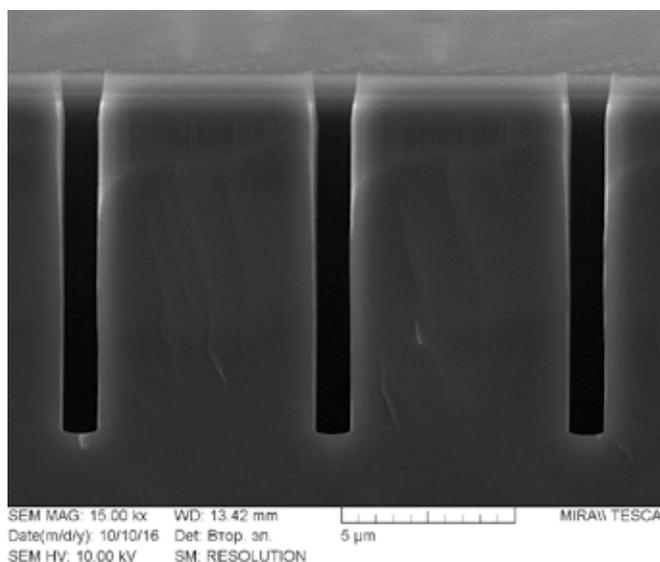


Рис. 7. Технологические результаты травления кремния с высоким аспектным соотношением на установке STE ICP200E

индуктивно связанной и емкостной плазме с рабочими газами C4F8 – для пассивации и SF6 – для травления.

Первым предприятием-пользователем оборудования, на производственной площадке которого технологами ЗАО «НТО» были продемонстрированы успешные технологические результаты реализации Bosch-процесса, стал многолетний партнер – АО «ОНИИП». Для реализации данной технологии потребовалась модернизация установки STE ICP200E, которая включала доработку ряда ее узлов и программного обеспечения. По завершении работ были продемонстрированы процессы травления кремния с высоким аспектным соотношением (более 20:1). При травлении на глубину более 100 мкм была достигнута скорость травления до 5 мкм/мин.

Наличие в библиотеке технологических рецептов Bosch-процесса сегодня значительно расширяет производственные возможности АО «ОНИИП» по разработке и выпуску перспективных изделий микро-, акусто-, электронной техники.

Евгений Чукавов, руководитель ЦФО МАЭТ, начальник научно-технического комплекса микроэлектроники АО «ОНИИП» о сотрудничестве с ЗАО «НТО»: «Гибкость и комплексный подход команды разработчиков и технологов ЗАО „НТО“, доверие к партнеру, а также многолетний опыт работы наших специалистов в области тонкопленочной технологии и понимание процессов эксплуатации вакуумного оборудования позволили добиться качественного результата. Благодаря доверительному партнерству, постоянным контактам между нашими технологами, оперативной поддержке со стороны ЗАО „НТО“ по всем возникающим вопросам, мы

продолжаем активно расширять перечень выпускаемой продукции».

Алексей Алексеев, генеральный директор ЗАО «НТО»: «Для компании, которая разрабатывает сложное технологическое оборудование, мы гибкие, инновационные и современные, но при этом нам всегда есть, куда расти. Мы постоянно пытаемся предложить заказчику что-то новое, ориентируясь на его текущие и перспективные задачи, не ограничиваясь стандартными пакетами обслуживания или обучения.

„От замысла до воплощения“ – базовый принцип работы ЗАО „НТО“, требующий ответственного подхода на всех этапах проекта. Важно, что весь коллектив наших разработчиков находится в России. При необходимости мы готовы доработать оборудование под конкретное ТЗ или провести его глубокую модернизацию для расширения функциональных возможностей. Оборудование, которое мы разрабатываем и поставляем, включает в себя всю

необходимую документацию, в частности описание базовых технологических процессов и стандартных рецептов. Крайне важно, что мы прилагаем все усилия для поддержания постоянных контактов с нашими пользователями, осуществляя комплексную технологическую и сервисную поддержку на протяжении всего жизненного цикла эксплуатации оборудования. Именно эти меры поддержки так ценят наши заказчики и партнеры. Сегодня, в условиях зарубежных санкций и возникающих в связи с этим трудностей по обслуживанию технологического оборудования иностранного производства, это вдвойне актуально.

Показатель качества и эффективности работы ЗАО „НТО“ – хорошее настроение наших пользователей, чтобы любая сложность или новая технологическая задача не становилась для них длительной головной болью. Мы, как производитель, в первую очередь ответственны за построение долгосрочных и успешных взаимоотношений заказчика с нашей компанией».

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 760 руб.

НОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ В СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Под редакцией В. А. Глазунова

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. – 316 с.
ISBN 978-5-94836-537-4

В книге представлены новые механизмы параллельной структуры различных классов, имеющие широкие возможности применения в робототехнических системах для технологических и транспортных процессов в различных отраслях промышленности, а также космической и медицинской робототехнике. Проведены исследования в области кинематики, динамики и управления такими системами.

Рассмотрены механизмы мобильных роботов технологического и медицинского назначения, исследованы вопросы их динамики и управления. Представленные механизмы разработаны и исследованы в Институте машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук.

Книга предназначена для специалистов в области теории механизмов и машин, научных работников и инженеров, чья деятельность связана с созданием новых робототехнических систем, а также студентов, аспирантов и преподавателей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru