

# Пленарная часть Российского форума «Микроэлектроника 2023»

## Часть 3

Ю. Ковалевский



В заключительной части статьи про пленарную часть Российского форума «Микроэлектроника 2023», прошедшего с 9 по 14 октября 2023 года в Парке науки и искусства федеральной территории «Сириус», речь пойдет о пленарном заседании, посвященном развитию отечественного электронного машиностроения. Данная тема была включена в программу пленарных заседаний форума впервые, что отражает ее особую актуальность в нынешних условиях и повышенное внимание к ней со стороны как отраслевого сообщества, так и государства.

### РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ: ОТ ДОРОЖНОЙ КАРТЫ К ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ

Заседание, посвященное теме развития отечественного электронного машиностроения, стало заключительным в пленарной части форума «Микроэлектроника 2023». Модераторами мероприятия выступили **президент Ассоциации «Электронное машиностроение», генеральный директор АО «НТО» А. Н. Алексеев** и **генеральный директор АО НИИТМ М. Г. Бирюков**.

Первый доклад пленарного заседания представил **заместитель директора Департамента станкостроения и тяжелого машиностроения Минпромторга России А. С. Львов**. Данный департамент курирует отрасль электронного машиностроения со стороны министерства.

Отметив, что развитию отечественной отрасли электронного машиностроения в настоящий момент уделяется очень большое внимание, докладчик кратко рассказал об истории вопроса и текущем положении вещей в данной области. По его словам, в Советском Союзе было освоено производство широкой номенклатуры



оборудования; функционировали организации, включавшие как научно-исследовательские структуры, так и опытные производства при них; был реализован замкнутый цикл изготовления оборудования, и в данном направлении велись разработки на постоянной основе. Однако на протяжении последних 35 лет

отрасль электронного машиностроения фактически не поддерживалась государством, в результате чего на рынке сохранилось порядка 30–35 компаний, занимающихся данной тематикой, которые преимущественно относятся к малому и среднему бизнесу. Этими компаниями сохранены компетенции в области эпитаксии, жидкостной химической обработки пластин, роста монокристаллов и отдельных операций кристалльного производства. При этом на данный момент более 90% применяемого на производствах оборудования имеет зарубежное происхождение, что приводит к проблемам при обновлении производственных мощностей.

Было отмечено также, что в 2022 году были приняты решения, направленные на возрождение электронного машиностроения. В частности, был одобрен и начал реализовываться соответствующий федеральный проект, а в конце 2022 года Минпромторгом России была утверждена программа развития электронного машиностроения на период до 2030 года. В соответствии с текущей редакцией программы, до 2030 года необходимо разработать более 99 единиц оборудования и более 500 видов особо чистых материалов под потребности фабрик. В 2024 году планируется добавить в программу раздел по средствам автоматизированного проектирования. Финансирование разработки технологического оборудования и материалов осуществляется в основном через заключение государственных контрактов Минпромторгом России на выполнение ОКР, на что в трехлетнем бюджете предусмотрено свыше 110 млрд руб.

Докладчик сообщил, что первые работы по созданию оборудования были начаты еще до утверждения программы – в 2021 году. В 2024 году будет получен действующий опытный образец литографа для проектных норм 350 нм, а также ряд опытных образцов лазеров для применения в оборудовании, предназначенном для меньших проектных норм. В 2023 году было запущено 16 ОКР, на момент проведения конференции планировалось запустить еще 19 работ до конца года. В области

химических материалов в 2023 году было запущено 15 работ, а планировалось к постановке около 20 ОКР. Также были запущены 8 работ по направлению САПР.

По словам А.С.Львова, разработка оборудования с наибольшим коммерческим потенциалом финансируется с помощью механизма субсидий согласно постановлению Правительства РФ от 16 декабря 2020 года № 2136. Также докладчик упомянул другие механизмы финансирования в данной области.

Кроме того, прозвучала информация о том, что для обеспечения полного цикла – от разработки до внедрения оборудования и материалов на фабриках – планируется создание распределенной сети тестовых полигонов в кооперации с ведущими производственными предприятиями, научными и учебными организациями.

Говоря о деятельности в области нормативного регулирования, докладчик отметил, что в 2023 году был скорректирован перечень кодов ОКПД2, что позволяет применять меры поддержки более точно. На момент проведения мероприятия проводилась работа по включению кодов технологического оборудования для электроники в перечень для получения льгот в рамках налогового маневра. В 2024 году планируется проработка преференций для потребителей российского оборудования. Также была начата работа по разработке программы стандартизации и созданию профильного технического комитета.

**О. А. Нефёдов, генеральный директор АО «Международный научно-технологический центр МИЭТ» (МНТЦ МИЭТ),**

рассказал, что данный центр был создан для осуществления аналитическо-экспертной функции по стратегическому планированию в области электронного машиностроения, специальных материалов и средств автоматизированного проектирования. По словам докладчика, центром была обеспечена постановка первых НИОКР по разработке оборудования. Затем была запущена работа по аудиту и актуализации большинства технологических маршрутов, в результате которой был сформирован перечень более чем из 370 единиц оборудования для 18 технологических маршрутов. После проработки на предмет унификации было определено порядка 99 НИОКР. Этот список был приоритизирован, исходя из ряда критериев. Таким образом был обеспечен запуск ряда работ в 2022 и 2023 годах.



Было отмечено, что к 2030 году планируется заместить бóльшую часть оборудования по всем маршрутам, за исключением производства микроэлектронных изделий с проектными нормами 90 нм и ниже. При этом работы по отдельным единицам оборудования с возможностью их дальнейшего перевода в процессы с малыми нормами уже начаты. По словам О. А. Нефёдова, основной массив работ по технологиям 90–65 нм будет запущен в 2024 году.

Докладчик подчеркнул, что задачи заместить 100% оборудования не стоит. В качестве базовой цели ставится замещение 70–80% оборудования по различным технологическим маршрутам. При этом было сказано, что с учетом имеющихся компетенций у российских компаний и производителей из дружественных стран это является достижимой целью. О. А. Нефёдов проиллюстрировал на примере упрощенного маршрута производства микроэлектронных изделий то, как данный маршрут перекрывается поставленными и готовящимися к поставке работами.

Также докладчик привел планы по актуализации и расширению программы развития электронного машиностроения, в том числе по включению в нее оборудования для маршрутов производства LTCC-плат, пассивной электроники, печатных плат и электротехнических изделий, этапов корпусирования и монтажа компонентов на печатные платы, работ, связанных с созданием средств автоматизированного проектирования.

О. А. Нефёдов в своем докладе уделил внимание и барьерам, стоящим на пути развития отечественного электронного машиностроения. Прежде всего в качестве такого барьера был обозначен низкий уровень авансирования работ, поскольку большинство предприятий либо небольших размеров, либо относятся к академическим институтам, и им сложно браться за такие работы. Также было отмечено, что сложности создают требования части 2.1 статьи 31 Федерального закона от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ, поскольку большинство организаций в сфере электронного машиностроения за предыдущий период не выполняли работ, удовлетворяющих данным требованиям.

Еще один барьер связан с дефицитом лабораторной инфраструктуры для апробации разрабатываемого оборудования. Для его преодоления Минпромторг России планирует создание сети тестовых полигонов. Ожидается, что один из первых полигонов будет создан в НИУ МИЭТ (в АО «Завод Протон»).

Кроме того, были упомянуты такие барьеры, как дефицит кадров, проблемы с материалами, рост цен на материалы и комплектующие.

В завершение доклада О. А. Нефёдов призвал всех заинтересованных лиц к участию в реализации программы развития отечественного электронного машиностроения.



**И. Г. Иванцов, президент ГК «Элемент»,** сообщил аудитории мероприятия, что группой компаний планируются к реализации несколько крупных инвестиционных проектов, среди которых фабрика по производству силовой электроники, где будут серийно производиться, в частности, IGBT-транзисторы и ЭКБ на карбиде кремния. В соответствии с пла-

нами, данная фабрика должна быть построена преимущественно на российском и белорусском оборудовании. Докладчик выразил надежду, что к 2030 году доля такого оборудования на фабрике будет доведена до 100%.

Докладчик также отметил, что если раньше на микроэлектронное оборудование не было спроса, и, как следствие, оно не могло производиться серийно, то сейчас спрос возрос, однако многие предприятия оказались не готовы к этому.

Далее И. Г. Иванцов поделился рядом предложений в отношении путей решения проблем, стоящих перед отраслью электронного машиностроения. В частности, исходя из того, что отрасль представлена небольшими предприятиями, по мнению докладчика, было бы уместно задуматься о консолидации компаний, что позволило бы снять некоторые барьеры, связанные с оборотными средствами, получением банковских гарантий и т. п. Также были приведены такие предложения, как внедрение идеологии, при которой рассматриваются целостные технологические маршруты, а не отдельные установки; координация усилий, обеспечивающая неразрывную связь разработки технологий, моделирования технологических процессов и создания оборудования; унификация ключевых узлов и блоков оборудования; переход предприятий электронного машиностроения от формата конструкторских бюро к формату серийных производителей оборудования; более активное привлечение международной экспертизы; привлечение специалистов из смежных отраслей для более оперативного решения кадрового вопроса.

**Генеральный директор АО «Микрон» Г. Ш. Хасьянова** рассмотрела в своем докладе вопрос конкурентоспособности отечественных фабрик и связанные с ним требования к производителям оборудования. Были приведены пять основных факторов конкурентоспособности: стоимость рабочей силы; стоимость инвестиций; стоимость оборудования, включая техническую поддержку и ЗИП; стоимость материалов и объемы выпуска.

Г. Ш. Хасьянова отметила, что с введением самых первых санкций с материалами, обслуживанием оборудования и ЗИП для него в России сложилась нерыночная ситуация, что привело к росту себестоимости микросэлектронных изделий. В 2022 году данная ситуация ухудшилась. Поэтому вопрос замещения импорта в части материалов является одним



из первоочередных, а основными требованиями к отечественным производителям являются как соответствие материалов техническим требованиям, так и их стоимость, которая для их внедрения в техпроцессы АО «Микрон» должна быть ниже, чем у китайских аналогов до их вывоза с территории КНР. Г. Ш. Хасьянова привела данные по замещению импортных материалов на предприятии, показывающие значительные достижения в решении данного вопроса.

В отношении стоимости инвестиций был отмечен прорыв, достигнутый благодаря механизму кластерной инвестиционной платформы: соответствующая стоимость кредита приближает ситуацию для отечественных производителей микроэлектроники к мировому уровню. Однако многие предприятия не ждали этого механизма, брали кредиты на развитие до его появления, и сейчас обслуживать эти кредиты оказывается достаточно сложно. Устранить эту проблему могли бы те или иные меры поддержки, например субсидирование обслуживания кредитов.

Про стоимость рабочей силы было сказано, что эта сфера недофинансирована: зарплаты в отечественной отрасли сейчас ниже, чем, например, в Китае. При этом в рамках АО «Микрон» налоговая льгота позволила поднять зарплаты сотрудникам. В связи с этим Г. Ш. Хасьянова указала на целесообразность продления данной меры поддержки.

Руководитель АО «Микрон» познакомила аудиторию с состоянием дел на предприятии по его технологическому оснащению. В частности, было сказано, что в 2023 году было введено в эксплуатацию 15 единиц отечественного оборудования, до конца 2024 года планируется внедрить еще 35 единиц под конкретные проекты. Было отмечено, что при создании оборудования его разработчикам необходимо обеспечить связку с теми, кто разрабатывает под данное оборудование материалы, поскольку только в такой связке можно обеспечить прорыв в отношении как качества, так и ценовой конкурентоспособности продукции.

Вопрос объемов выпуска продукции Г. Ш. Хасьянова назвала самой тяжелой историей: отечественным фабрикам приходится конкурировать с производителями, которые по объему выпуска в среднем в 10 раз превосходят не только действующие российские производства, но и те, которые проектируются в данный момент. В качестве возможных решений этой проблемы было названо несколько вариантов, включая субсидирование цен, а также более сложную модель – применение собственной сертификации для защиты отечественных производителей на внутреннем рынке. Также было отмечено, что решению этого вопроса может поспособствовать объединение рынков заинтересованных стран.



**М. Г. Бирюков** посвятил свой доклад оборудованию для ионной имплантации, в частности – недавно стартовавшему проекту по разработке линейки ионных имплантеров, техническим интегратором которого выступает АО НИИТМ, а главным исполнителем – АО «НИИМЭ».

После краткого рассказа об истории и текущем состоянии АО НИИТМ докладчик привел данные о мировом рынке ионной имплантации. В настоящее время оценка общего количества установок для данной операции в мире – порядка 15 тыс. шт. В нашей стране их число составляет около 100, при этом большинство из них импортные, хотя есть и установки, разработанные еще во времена Советского Союза. М. Г. Бирюков указал на то, что для данного оборудования должна быть создана реальная замена, поэтому проект по разработке ионных имплантеров не только важен с точки зрения обеспечения технологического суверенитета, но и имеет коммерческий потенциал.

Разрабатываемая линейка включает две установки: среднеточковую с диапазоном энергий ионов от 0,2 до 270 кэВ и высоковольтную – до 1000 кэВ. Было отмечено, что данные параметры согласовывались на многочисленных комиссиях с представителями практически всех микросэлектронных производств.

Ожидается, что оборудование будет отличаться широким диапазоном энергий ионного пучка, повышенной однородностью легирования, повышенным коэффициентом использования тока ионного источника. Базовая модель будет работать с пластинами диаметром 200 мм с загрузкой в SMIF-контейнерах; опционально возможна работа с пластинами 150 и 100 мм. Установки будут

обладать системой управления с возможностью интеграции в MES-системы верхнего уровня.

Докладчик привел структуру и принцип работы среднетокowego и высоковольтного имплантеров, отметив, что установки будут по максимуму унифицированы. Также он рассказал о задачах, которые необходимо решить для создания данного оборудования, и о консорциуме исполнителей проекта.



**Генеральный директор АО «ЗНТЦ» А. А. Ковалёв**

представил доклад о разработке оборудования для еще одного важного процесса – проекционной литографии. Данная разработка, по словам докладчика, обладает сейчас приоритетом № 1 в области создания оборудования для микроэлектронных производств. При этом было отмечено, что

в мире это направление крайне монополизировано: 87% рынка занимают решения ASML, а остальные 13% распределены практически полностью между компаниями Nikon и Canon. Также монополизация высока и на рынке компонентов литографов: эксимерные лазеры массово производятся единственной компанией из США, один из ключевых материалов – флюорит – двумя компаниями в мире. При этом удачным обстоятельством является то, что со времен Советского Союза белорусские предприятия смогли сохранить компетенции в этой области и существенно нарастить их за последние годы. Российские предприятия-разработчики лазерных систем также способствуют успешной реализации этого проекта.

В рамках проекта разрабатывается степпер на основе твердотельного лазера с длиной волны 354,7 нм, предназначенный для изготовления кристаллов с проектными нормами 350 нм.

Вторая разрабатываемая установка рассчитана на проектные нормы 130 нм, в ней будет использоваться разрабатываемый в рамках проекта лазер с длиной волны 248 нм. Литограф позволит обрабатывать пластины диаметром 150 и 200 мм, при этом для 200-мм пластин будут применяться SMIF-контейнеры. Было отмечено, что в настоящее время разрабатываются два лазера с длинами волн 248 и 193 нм соответственно. Второй из них позволит в будущем создавать степперы для меньших проектных норм.

Описав структуру установки, докладчик обратился к теме тестовых полигонов. Он отметил, что для тестирования данного оборудования необходим целый

инженерно-исследовательский комплекс. Для степпера на 350 нм такой комплекс уже готов. Для установки на 130 нм планируется создать комплекс, включающий 400 м<sup>2</sup> чистых помещений, где будет располагаться всё необходимое для испытаний и измерений, подготовки фоторезистивных пленок, а также сопутствующих процессов фотолитографии, что позволит отработать технологию под требования конкретных заказчиков.

В рамках работы проводится макетирование ключевых узлов установок для дальнейшего перехода на нормы 90–65 нм.

Последним прозвучало выступление **А. Н. Алексева**, который дополнил предыдущих докладчиков по основным вопросам развития отечественного электронного машиностроения. В частности, он еще раз очертил основные существующие проблемы, среди которых были названы отсутствие доступа к материалам и комплектующим необходимого качества; отсутствие научно-технического задела по ряду важных направлений, которые могут быть восстановлены только в серьезной кооперации, в том числе с институтами РАН; отсутствие крупных отраслевых игроков; кадровый голод.



Особо докладчик остановился на вопросе комплектующих. Помимо прочего, он высказал мнение, что существующие механизмы поддержки не всегда позволяют решить задачи в области создания сложных комплектующих, которые требуют в том числе проведения капиталоемких НИОКР, и указал на необходимость уделить большее внимание этому сегменту в рамках доработки и актуализации программы развития отечественного электронного машиностроения.

А. Н. Алексеев отметил, что в целом перед отраслью стоит задача создания экосистемы для развития электронного машиностроения. Эта отрасль очень многогранна, имеет точки соприкосновения со многими отраслями промышленности, и для воссоздания всех ключевых видов оборудования необходимо решать задачу в комплексе.

Отдельно докладчик указал на проблему, связанную с механообработкой: по его словам, сейчас остались лишь единицы специализированных предприятий, работающих на отрасль, другие механообрабатывающие производства перегружены, а расчет на азиатских партнеров связан с определенными рисками. В связи с этим

было предложено обратить внимание на создание центров компетенций по механообработке и производству вакуумных камер.

Также в качестве важной темы было отмечено создание распределенной сети внедренческих полигонов.

В отношении расширения производственных мощностей на базе действующих предприятий отрасли докладчик высказал мнение, что оно должно происходить в режиме развития внутриотраслевой кооперации, с тем чтобы более рационально использовать ресурсы, избегать дублирующих друг друга разработок и тем самым ускорить развитие.

В завершение доклада А. Н. Алексеев обобщил ключевые задачи развития отрасли, среди которых были названы: стимулирование инвестиций и развития производственных мощностей, важным фактором чего является прогнозирование спроса на разрабатываемое оборудование в средне- и долгосрочной перспективе; повышение финансовой устойчивости предприятий электронного машиностроения, в том числе встраивание данной отрасли в налоговый маневр; увеличение

авансов по ОКР минимум до 80% с целью улучшения условий для привлечения потенциальных исполнителей; кадровое обеспечение отрасли. Было отмечено, что в целом необходимо формирование долгосрочной стратегии развития электронного машиностроения – вероятно, на более длительный период, чем до 2030 года – включающей все аспекты и позволяющей снять все барьеры.

По завершении выступлений докладчикам был задан ряд вопросов от участников пленарного заседания. Также в рамках форума «Микроэлектроника 2023» состоялся ряд других мероприятий, посвященных развитию отечественного электронного машиностроения, в числе которых были круглые столы «Текущее состояние работ по созданию оборудования для формирования топологического рисунка» и «Формирование условий для ускоренного развития отрасли электронного машиностроения» на базе секции № 9 научной конференции форума.

Фото предоставлены ООО «ПрофКонференции»

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1090 руб.

**МОС-ГИДРИДНАЯ ЭПИТАКСИЯ В ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ ФОТОНИКИ И ЭЛЕКТРОНИК**

**Р. Х. Акчурина, А. А. Мармалюк**

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2018. – 488 с.,  
ISBN 978-5-94836-521-3

В книге рассмотрены теоретические и практические аспекты МОС-гидридной эпитаксии (МОСГЭ) – одного из наиболее гибких и производительных современных методов получения полупроводниковых структур. Кратко изложены физико-химические основы метода, приведено описание высокопроизводительного технологического оборудования для реализации МОСГЭ и методов контроля роста эпитаксиальных слоев *in situ*, затронуты вопросы моделирования процессов.

Практические аспекты реализации метода подробно рассмотрены на примере формирования эпитаксиальных структур полупроводников  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^VI$  и твердых растворов на их основе – основных материалов современной оптоэлектроники и ИК-техники. Значительное внимание уделено формированию наноразмерных эпитаксиальных структур и гетероструктур на основе нитридов элементов III группы, технология которых получила стремительное развитие в последние годы. Рассмотрены вопросы адаптации метода МОСГЭ к получению ряда новых материалов электронной техники.

Книга предназначена специалистам в области технологии полупроводниковых материалов, может быть полезна аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

**КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?**

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)