

Мы стремимся разрабатывать компоненты, которые позволят потребителю создать лучшее изделие

Рассказывает заместитель генерального директора по развитию ЭКБ АО «Микроволновые системы» В. М. Миннебаев



Компания «Микроволновые системы» хорошо известна на отечественном рынке СВЧ-электроники прежде всего как разработчик и производитель широкополосных и сверхширокополосных СВЧ-усилителей различных диапазонов частот от 0,5–1 до 22 ГГц. Некоторое время назад предприятие начало разрабатывать собственные СВЧ-компоненты с целью заменить в своих изделиях ключевую импортную электронную компонентную базу и компоненты, в том числе снятые с производства, и сейчас предлагает на рынке услуги по разработке СВЧ ЭКБ в качестве дизайн-центра.

О том, каким видит компания новое направление, насколько востребованы подобные услуги на российском рынке, а также об испытаниях ЭКБ и технологических линиях изготовления СВЧ-кристаллов, доступных российским дизайн-центрам, мы поговорили с заместителем генерального директора по развитию ЭКБ АО «Микроволновые системы» к. т. н. Вадимом Минхатовичем Миннебаевым.

Вадим Минхатович, какие задачи сейчас стоят перед компанией в области разработки ЭКБ?

Компания «Микроволновые системы» разрабатывает ЭКБ как дизайн-центр уже несколько лет. Предпосылкой к тому, чтобы заняться этой деятельностью, стало присутствие в плане производства модулей с длительным сроком жизни, разработанных несколько десятилетий назад. За это время изменившиеся технологические пределы привели к снятию с производства применявшейся в изделиях ЭКБ – возникла необходимость разработать фактически собственную ЭКБ,

соответствующую по всем характеристикам выпущенной ранее.

Очевидно, что мало разработать ЭКБ, ее необходимо стабильно производить. И здесь нам в определенном смысле повезло: за последнее время не только выросли китайские фаундри, но появились и отечественные фабрики, производящие СВЧ ЭКБ и предоставляющие PDK дизайн-центрам.

Далее, по мере развития отечественного радиоэлектронного рынка, обусловленного в том числе и санкционной политикой недружественных государств, возникла потребность в разработке

компонентов не просто как составных частей собственных изделий, но и как продуктов, которые могут быть реализованы сторонним заказчиком. Именно это направление АО «Микроволновые системы» и намерено развивать — мы стремимся стать полноценным дизайн-центром, осуществляющим весь комплекс работ по разработке кристаллов, корпусированию СВЧ-компонентов и испытаниям.

Данное направление мы представили на выставке ExproElectronica в апреле текущего года, чтобы, с одной стороны, заявить себя в качестве разработчика ЭКБ СВЧ-диапазона, а с другой — провести маркетинговые экспресс-исследования и понять, что востребовано на рынке в первую очередь.

Насколько успешным вы считаете участие в этой выставке с таким посылом?

Интерес был очень большой: впервые за много лет участия весь подготовленный к выставке рекламный материал разошелся менее, чем за полтора дня. В то же время мы увидели, что далеко не всем потенциальным заказчикам нужны те компоненты и модули, присутствующие в нашем портфеле, которые уже разработаны и поставки которых можно организовать в сжатые сроки. По итогам выставки к нам обратилось достаточно много предприятий, так что я оцениваю участие в ней очень позитивно; в настоящее время формируется портфель заказов на разработку силами нашего дизайн-центра.

Эти заказы на разработку направлены на замену тех позиций, которые перестали поставляться в связи с новыми санкциями?

Мы не планируем заниматься прямой заменой зарубежных компонентов. Мы стремимся разрабатывать такие компоненты, которые позволят потребителю создать лучшее по своим техническим и функциональным характеристикам изделие. При этом такая ЭКБ не станет узкоспециализированной, она сможет применяться в широком спектре аппаратуры, поскольку требования к СВЧ-компонентам в определенных частотных диапазонах у различных заказчиков во многом схожи. Поэтому, даже когда компания обращается к нам из-за того, что компонент, который она применяла, оказался недоступен, мы предлагаем разработать не точный аналог, а наиболее подходящее в данном конкретном случае техническое решение.

То есть вы не занимаетесь созданием аналогов pin-to-pin?

Да, именно так. Это связано прежде всего с тем, что импортные корпуса для СВЧ ЭКБ стали сейчас недоступны, а разработанные за последние годы

отечественные — отличаются от зарубежных. Стратегически мы планируем поставлять ЭКБ в отечественных корпусах, либо в бескорпусном исполнении.

Как к этому относятся разработчики аппаратуры? Ведь если им нужно заменить некий компонент, а вы предоставляете аналог в другом корпусе, им нужно вносить изменения в конструкцию изделия, топологию платы.

Они относятся к этому с пониманием, особенно с учетом сложившейся ситуации. Вообще говоря, разработчики модулей и блоков и раньше не редко сталкивались с ситуацией, когда при замене на аналог компонента, который по тем или иным причинам стал недоступен, не удавалось обойтись без внесения изменений в конструкцию аппаратуры. Это могло быть связано с различными факторами, например с тем, что у разных производителей применяются различные технологии, не позволяющие создавать стопроцентно взаимозаменяемые компоненты.

В таких случаях выбор невелик: либо конструкцию изделия нужно изменить, либо оно вообще не будет выпускаться. Я надеюсь, что сложившаяся ситуация всё-таки приведет к тому, что мы — аппаратурщики, радисты и электронщики — начнем видеть и слышать друг друга, и разработчики аппаратуры будут полагаться на ЭКБ от производителя, а не на то, что им удастся купить «на радиорынке за три копейки», и потом не требовать от электронного предприятия изготовить аналог, который будет также стоить «три копейки», и при этом обеспечивать целый сонм характеристик, которым зарубежное ЭКБ не удовлетворяет.

Мы стремимся стать полноценным дизайн-центром, осуществляющим весь комплекс работ по разработке кристаллов, корпусированию СВЧ-компонентов и испытаниям

Является ли для вас конкурентом Китай? Может ли он в условиях ограничений от западных компаний заполнить освободившуюся нишу?

За последние несколько лет Китай в вопросе разработки СВЧ ЭКБ вышел на уровень крепкого середняка, в стране существует целый ряд электронных компонентов, которые китайские инженеры спроектировали и изготавливают на своих фабриках с характеристиками, не уступающими западным аналогам. В целом, Китай продвинулся в вопросе производства СВЧ-компонентов, пожалуй, дальше нас.

И с технической точки зрения составить конкуренцию отечественным дизайн-центрам и предприятиям микроэлектроники китайские производители могут.

Однако этому мешает то, что Китай остается для российского рынка «загадочной» стороной в плане технического взаимодействия, логистики, выполнения договоренностей. Порой один и тот же китайский производитель по одним вопросам отвечает мгновенно, а по другим – тянет с ответом месяцами. И здесь играет свою роль в том числе закрытость китайских производителей.

Понятно, что ответ на следующий вопрос сильно зависит от конкретной ситуации, особенностей задачи, но может быть, можно услышать хотя бы ориентировочные цифры. Сколько времени проходит с того момента, как заказчик обратился к вам с задачей разработки компонента, до того, как он этот компонент получит?

Действительно, здесь много зависит от сложности проекта. Если говорить об относительно простых устройствах, например о типичном усилителе, то проектирование, как правило, занимает от трех до четырех месяцев, для сложных многофункциональных СВЧ МИС – до восьми-девяти.

Замена испытаний на моделирование может заработать только тогда, когда появятся аттестованные технологии

Следующий этап – это запуск и производство. На разных фабриках он проходит несколько по-разному, но в среднем этот этап занимает от четырех до семи месяцев. Зависит этот срок также от целого ряда факторов, включая загрузку фабрики и наличие других запускаемых проектов. Первый запуск обычно осуществляется на мультипроектной пластине (MPW – multi-project wafer), на которой размещается несколько кристаллов от разных заказчиков.

Конечно, можно ускорить процесс, заказав изготовление целой пластины уже при первом запуске, но для этого нужно быть достаточно уверенным в проекте: риски в этом случае весьма велики.

А дальше срок определяется логистикой. Если пластина изготавливается за рубежом, добавляются задержки, связанные с транспортировкой и таможенными процедурами.

Итого от начала разработки до получения первых образцов в случае нашего усилителя пройдет не менее девяти месяцев.

Но на этом история не заканчивается. Далее начинается работа, которая при создании новых изделий ЭКБ требует, пожалуй, наибольших временных затрат. Это разного рода электрические, механические и климатические испытания, в особенности – испытания на надежность, которые занимают несколько месяцев, и то при условии, что все идет хорошо и никаких несоответствий при испытаниях не выявляется. Если же заявленные параметры при испытаниях не подтверждаются, то проект нужно корректировать, и весь процесс запускается заново.

А как сейчас обстоят дела с заменой испытаний на моделирование? Ведь это могло бы сильно сократить сроки создания ЭКБ.

Да, этот вопрос обсуждается, но пока соответствующий комплекс стандартов в части ЭКБ не принят. В любом случае, такой подход может заработать только тогда, когда появятся аттестованные технологии. Допустим, несколько предприятий в России изготовили изделия по одному технологическому процессу, провели испытания, показали, что данный техпроцесс обеспечивает заданные параметры, и аттестовали его. К такому техпроцессу могут применяться расчетные модели, которые будут в достаточной мере релевантны.

Особенно это касается вопросов надежности. Механические параметры, тепловые режимы, некоторые другие характеристики можно смоделировать с достаточно высокой точностью, и если соответствующий стандарт будет принят, то он поможет в вопросе сокращения объема испытаний.

Однако, с моей точки зрения, такой стандарт должен быть привязан и к конкретному программному обеспечению – чтобы все участники процесса моделировали одинаково. В противном случае может возникнуть ситуация, когда в разных компаниях, у разработчиков, потребителей, контролирующих организаций расчет будет выполняться с использованием разных моделей и вычислительных методов, и результаты нельзя будет сравнивать между собой. В итоге вопрос перейдет из плоскости разработки ЭКБ в плоскость «спора программистов».

Еще одна дискуссионная тема – испытания в составе аппаратуры. На ваш взгляд, можно ли и имеет ли смысл использовать этот подход для сокращения времени разработки ЭКБ?

С моей точки зрения, этот подход безусловно имеет смысл. Согласно действующим нормам и здравому смыслу, задача испытаний заключается в подтверждении соответствия ЭКБ требованиям к внешним воздействующим факторам. Поэтому, испытав модуль

или блок, вы тем самым подтверждаете, что электронные компоненты в его составе не выйдут из строя при данных воздействиях.

Касаемо испытаний, я бы затронул еще одну активно обсуждаемую тему: информационную безопасность. Здесь, на мой взгляд, нужно понимать, что соответствующие проверки должна проходить не вся ЭКБ, а лишь та, которая так или иначе может несанкционированно передавать информацию с использованием имеющихся каналов обмена данными. Твердотельная СВЧ ЭКБ настолько малоразмерна, в ней настолько мало элементов, что просто отсутствует место для физической реализации подобных недокументированных возможностей, а любое изменение ее топологии буквально видно в микроскоп. Поэтому проверять каждый такой компонент на предмет информационной безопасности совершенно нецелесообразно. Это лишнее действие, которое не приводит ни к чему, кроме увеличения сроков разработки и удорожания изделий.

Вы сказали, что хотя ваша компания разрабатывает ЭКБ для конкретных заказчиков, область ее применения может быть достаточно широкой. Работаете ли вы с организациями, которые занимаются в том числе унификацией ЭКБ, такими как ФГБУ «ВНИИР»?

Мы завершили проведение испытаний части уже разработанной нами ЭКБ, выпустили ТУ и осуществляем производство под контролем ОТК. Следующим шагом мы планируем подтвердить результаты испытаний и привести ТУ в соответствие требованиям Минпромторга России. Эта работа как раз предполагает взаимодействие с ВНИИР. Мы ожидаем, что с несколькими такими инициативными работами мы выйдем на этот институт к концу года.

Это комплексная задача, которая придаст новый статус нашей ЭКБ и позволит применять ее в более широком спектре областей, включая те, где требования к качеству и надежности компонентов особенно высоки, например в навигационных приборах авиалайнеров и морских судов.

Из того, что вы планируете выходить на ВНИИР с уже разработанными изделиями в инициативном порядке, можно сделать вывод, что вы не пользуетесь субсидиями на разработку ЭКБ. Это так?

Да, это так. Пока мы не рассматривали для себя вопрос использования субсидий в этой области. К разработке ЭКБ для внешних заказчиков предприятие только приступает. Изначально созданы компоненты только для использования их в основной нашей продукции. Соответственно, наш путь на рынок ЭКБ начинался

с того, что у нас были собственные компоненты, которые мы были готовы предложить этому рынку.

Механизм субсидий основан на противоположном подходе: сначала необходимо провести исследование рынка, выявить его потребности, а затем сформировать ТЗ на разработку востребованной рынком ЭКБ.

Опыт работы в рамках постановления Правительства РФ № 1252 в 2021 году показал, как сложно разработчикам ЭКБ предоставить необходимые документы, подтверждающие заинтересованность якорного заказчика в их разработках

Более того, для получения субсидии необходимо документально подтвердить соответствующую потребность рынка в ближайшие семь лет. Как член экспертного совета по отбору заявок на получение субсидий по постановлению Правительства РФ от 24 июля 2021 года № 1252 могу сказать, что опыт работы в рамках постановления в 2021 году показал, как сложно разработчикам ЭКБ предоставить необходимые документы, подтверждающие заинтересованность якорного заказчика в их разработках, и тем самым убедить экспертный совет одобрить их заявку.

Не исключаю, что «Микроволновые системы» воспользуются этим механизмом в будущем. Возможно даже, что по итогам работы на выставке ExpoElectronica 2022 у нас появятся заказчики, работающие на перспективу, и вхождение в их проекты позволит нам в том числе использовать субсидии в качестве дополнительного финансирования наших разработок.

Вообще, я считаю, что в сфере СВЧ ЭКБ нам как дизайн-центру имеет смысл делать ставку именно на перспективные проекты, а не на частные случаи замены импортного компонента на аналог. Нужно работать вдолгую. Тогда это будет эффективно с точки зрения и прикладываемых усилий, и использования субсидий, и подтверждения результата.

Почему возникают проблемы с подтверждением заинтересованности якорных заказчиков? Разве этот вопрос не должен решаться в рамках сквозных проектов?

Да, идея сквозных проектов и заключается в том, чтобы выстроить и закрепить цепочку кооперации от якорного заказчика по всем технологическим

переделам. Но пока эта схема в полной мере не заработала. Нужно понимать, что это очень непростой процесс. Рассмотрим в качестве примера структуру цепочки кооперации некоего проекта из области телекоммуникационного оборудования. Допустим, есть некая компания, оказывающая услуги связи. Она выступает якорным заказчиком проекта. Но она не использует ЭКБ, она использует комплексные программно-аппаратные решения. Интеграторы, предоставляющие такие решения, используют аппаратуру. И только разработчик аппаратуры применяет в ее составе ЭКБ, хотя и это некоторое упрощение: на практике существует еще целый ряд промежуточных звеньев – блоки, субблоки, модули...

*Должен существовать единый
информационный ресурс,
поддерживаемый государством,
на котором разработчики ЭКБ
могли бы свободно и самостоятельно
размещать данные о своей продукции*

Каждое из этих звеньев формулирует требования по-своему. Даже между соседними звеньями нужны своего рода толмачи, которые перевели бы требования заказчика на язык разработчика. И, конечно, гораздо сложнее выстроить цепочку требований, сформировать понимание на протяжении нескольких звеньев.

До недавнего времени у заказчика вообще не было стимула тратить время и силы на выстраивание таких цепочек. Ему было проще и выгоднее выбрать из того, что доступно на рынке, чем ставить задачу разработчику. Это происходило на всех переделах.

Сейчас ситуация изменилась из-за введенных ограничений на поставку в Россию как аппаратуры, так и ЭКБ производства западных стран, и выстраивание сквозных цепочек стало необходимым. Плюс к этому государство стало финансово поддерживать заказчиков, внедряющих отечественные решения – это также стимулирует их обращаться к российским разработчикам и, кроме того, позволяет преодолеть проблему высокой цены комплектующих на ранних этапах. Ведь стоимость изделий всегда тем ниже, чем больше объем выпуска, а в области ЭКБ это проявляется особенно остро. И когда российское предприятие создает новый компонент, необходимо простимулировать спрос на него, чтобы он стал выпускаться достаточно большими сериями, что позволит снизить его цену и повысить привлекательность для заказчиков.

Это, в свою очередь, еще больше увеличит объем выпуска и т. д.

Резюмируя, сложившаяся ситуация с недоступностью зарубежных компонентов и меры поддержки заказчиков и производителей ЭКБ со стороны государства создают благоприятные условия для запуска процесса организации и реализации сквозных проектов, но нужно еще проделать большую работу по выстраиванию цепочек кооперации.

В свете сказанного насколько актуальной остается проблема доступности информации о разрабатываемой ЭКБ, справочников, ресурсов в Интернете?

Бесспорно, она остается актуальной. Сквозные проекты, даже при их полноценной реализации, не отменяют полностью необходимость подбирать комплектующие по справочным ресурсам. И действительно, в России существует очень острая проблема с доступом к информации о разработках в сфере ЭКБ.

Справедливости ради нужно сказать, что эта проблема есть во всех странах. Другой вопрос, что в мире на несколько порядков больше производителей ЭКБ, чем в России, поэтому в Интернете вы обязательно найдете что-то подходящее для вас.

Но у нас с информацией об ЭКБ ситуация очень сложная, о чем неустанно повторяет Павел Павлович Куцько, генеральный директор АО «НИИЭТ», а в прошлом – руководитель ФГУП «МНИИРИП», и это уже много лет обсуждается на различных площадках. В первую очередь речь идет о новых изделиях, потому что все, что было разработано десятки лет назад, было включено в те или иные справочники. По новым изделиям существует несколько баз данных – у ФГБУ «ВНИИР», у ЦКБ «Дейтон», у других организаций; периодически осуществляются рассылки по производителям с просьбой предоставить данные для этих справочников. Но эти базы, во-первых, разрознены, а во-вторых, не находятся в свободном доступе. Должен существовать единый информационный ресурс, поддерживаемый государством, на котором разработчики ЭКБ могли бы свободно и самостоятельно размещать данные о своей продукции.

Единый реестр российской радиоэлектронной продукции, поддерживаемый Минпромторгом России, тоже не полностью решает данную задачу, потому что для того, чтобы попасть в этот реестр, нужно написать несколько килограммов бумаги, и потом писать столько же каждый год, чтобы оставаться в данном реестре. С одной стороны, это безусловная защита от всякого рода мошенников, но с другой – труднопреодолимая преграда и для честных

производителей. Это как начинать строительство гостиницы с глухого забора вокруг: безопасность будет на высшем уровне, но придут ли туда постояльцы? Смогут ли они найти вход?

Эта проблема видна по количеству изделий ЭКБ, которые присутствуют в реестре: их там всего пара десятков. Неоднократно обсуждался вопрос, что в данный реестр должны автоматически вноситься изделия ЭКБ, разработанные за государственный счет. Тогда и у предприятий будет дополнительный стимул обеспечивать производство разработанных изделий, а не класть эти разработки «в долгий ящик», поскольку информация о них уже будет в общем доступе. Хорошая идея была с площадкой «ЭКБ МАРКЕТ» – достаточно информативной и бесплатной для пользователей. Но по каким-то причинам она перестала поддерживаться.

Так что сейчас реально работающей, единой, актуальной и удобной для пользователей информационной площадки по ЭКБ в РФ нет.

Еще одна тема, о которой хотелось бы поговорить отдельно, – кристалльные производства. Вы скажали, что дизайн-центрам в области СВЧ есть куда обратиться за изготовлением разработанных компонентов. Можно ли считать этот вопрос решенным или все же есть те или иные сложности?

Скажу так: в России достаточно количество предприятий электронной промышленности в сфере СВЧ, но не каждое такое предприятие является тем, что в нашей отрасли принято называть фаундри. Главным отличием фаундри является наличие PDK, доступного любому дизайн-центру. На основе данного пакета дизайн-центр может разработать ЭКБ, которая соответствует технологии этой фабрики и которую без проблем можно будет на ней изготовить.

Большинство отечественных предприятий, обладающих кристалльными производствами, не предоставляют PDK и в основном изготавливают компоненты собственной разработки. Такой компонент разрабатывается по заказу другой компании, но интеллектуальная собственность остается в руках самого предприятия.

Среди отечественных предприятий электроники лишь единицы предоставляют PDK. Прежде всего, это АО «Микрон» – крупнейшее в стране микроэлектронное предприятие. Но для той области, в которой работают «Микроволновые системы», эта фабрика мало востребована, потому что это – кремниевое производство, а применение кремния в диапазоне выше 4–5 ГГц существенно ограничено.

В области широкозонных технологий в России дальше других продвинулось АО «Светлана-Рост».

У предприятия есть ряд технологий, для которых оно предлагает PDK, и этой возможностью пользуются дизайн-центры СВЧ-направления, включая и нас. Есть ряд достаточно сильных предприятий, готовых оперативно откликнуться на запросы заказчиков, но только когда речь идет о производстве изделия, разрабатываемого самой компанией или как минимум в тесном сотрудничестве с ней. А фабрик, предоставляющих PDK для дизайн-центров, в СВЧ-области, пожалуй, больше и нет.

Есть еще один важный аспект. Если мы говорим о кристалльном производстве именно СВЧ-изделий, то в этой сфере существует очень много различных техпроцессов, и одной или даже несколькими фабриками сложно перекрыть их все. Поэтому, с моей точки зрения, эта инфраструктура должна быть распределенной. У нас есть производства, которые относятся не только к электронной промышленности, но и к другим отраслям. Что-то есть у «Ростеха», что-то в «Росатоме», что-то у «Роскосмоса», даже в организациях, подведомственных Минобрнауки России, например у некоторых вузов, есть технологические линии. Если помочь предприятиям довести имеющиеся у них технологии до промышленного уровня, профинансировать приобретение недостающего оборудования и разработку PDK, можно было бы получить гораздо более целостную и полную производственную базу в масштабах страны.

В России достаточно количество предприятий электронной промышленности в сфере СВЧ, но не каждое такое предприятие является тем, что в нашей отрасли принято называть фаундри

Поддержка государства в этом направлении крайне важна, потому что современные кристалльные технологии довольно дороги, и ни коммерческие, ни даже отдельные государственные предприятия не смогут вложить достаточно средств, чтобы решить задачу запуска таких мини-фаундри.

Почему эти многочисленные производства до сих пор не разработали PDK на отработанные у них процессы? Неужели эта такая сложная задача?

Эта задача действительно непростая. На разработку PDK с нуля может потребоваться более двух-трех

лет, и к этой работе должны быть привлечены различные специалисты – и технологи, и конструкторы, и радисты, и специалисты по САПР. Но главное то, что на решение такой задачи нужно потратить вполне ощутимые ресурсы, которые мгновенно не окупятся. Для компании инвестиции в разработку собственного PDK – это инвестиции в далекое и неоче-

Востребованность технологий на основе материалов A^3B^5 – арсенида и нитрида галлия – будет расти

видное будущее, если только компания изначально не предполагает зарабатывать на контрактных услугах фаундри. Поэтому, на мой взгляд, создание распределенной инфраструктуры фаундри в Российской Федерации на базе имеющихся производств следует поручить Минпромторгу России, в том числе отдельно финансово поддержав разработку PDK.

Вы упомянули об ограничениях применения кремния в области СВЧ. В чем заключаются эти ограничения и какие технологии, по вашему мнению,

будут наиболее востребованы среди заказчиков услуг фаундри в данной сфере?

Объемный кремний и даже, наверное, в большей степени SiGe – довольно привлекательные материалы с точки зрения простоты техпроцесса и стоимости конечных изделий. Недавно была публикация о том, что был создан SiGe-транзистор для работы в диапазоне до 150 ГГц. И это при том, что постростовая технология SiGe мало отличается от кремниевой.

Однако на основе этих материалов невозможно получить изделия большой мощности или с малыми шумами. Поэтому востребованность технологий на основе материалов A^3B^5 – арсенида и нитрида галлия – будет расти. Тем более что сейчас набирает популярность технология нитрида галлия на кремнии, которая позволяет получить характеристики, такие же как у GaN / SiC, при существенно меньшей стоимости изделия. В мире эта технология уже достаточно широко применяется. Ведутся разработки и в нашей стране, причем в этом направлении работают несколько предприятий и институтов. Будем надеяться, что скоро мы увидим практические результаты этих работ.

Спасибо за интересный рассказ.

С В.М. Миннебаевым беседовал Ю.С. Ковалевский

АО «Микроволновые системы» проведет 10-11 ноября 2022 года II-й семинар-совещание специалистов на тему:

«Актуальные вопросы разработки и применения СВЧ компонентов и приборов на основе технологии нитрида галлия»

В рамках II-го семинара-совещания предполагается заслушать и обсудить доклады и сообщения по следующим направлениям:

1. **Современные технологии изготовления СВЧ транзисторов и МИС на нитриде галлия, конструкции и параметры приборов;**
2. **Схемы, конструкции и характеристики СВЧ устройств на основе нитрид-галлиевых приборов;**
3. **Методы расчета и конструирования СВЧ усилителей мощности на нитриде галлия, обеспечение теплового режима, надежности и стабильности их параметров;**
4. **Возможности и особенности применения СВЧ усилителей на нитриде галлия в системах связи, радиолокации, радиопротиводействия.**

Приглашаем главных конструкторов и ведущих технических специалистов Вашего предприятия принять участие в семинаре-совещании.

Для включения в программу докладов (до 15 минут) или сообщений (до 5 минут) Ваших специалистов необходимо в срок **до 1 августа 2022 года** направить тезисы в объеме одной страницы А4 по электронной почте vm@mwsystems.ru на имя заместителя генерального директора АО «Микроволновые системы» по развитию электронной компонентной базы Миннебаева Вадима Минхатовича.

Программа семинара-совещания будет направлена Вам до 15 сентября 2022 года.

Участие в семинаре-совещании бесплатное.

Место проведения – г. Москва, гостиничный комплекс «Измайлово», корпус «Гамма-Дельта».

Заявки на участие от предприятий будут приниматься **до 15 октября 2022 года**. Количество участников от одного предприятия зависит от количества включенных в программу докладов от предприятия и может быть ограничено организаторами.



+7 (499) 644-21-03
rakovich@mwsystems.ru



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Бобков С.Г., Басаев А.С.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

Рецензент: Стенин Владимир Яковлевич – д-р техн. наук, проф. (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

**М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 264 с.
ISBN 978-5-94836-610-4**

Цена 975 руб.

Важнейшей характеристикой микропроцессорных систем является производительность. Производительность микропроцессора линейно зависит от трех характеристик – его частоты, средней частоты на выполнение инструкций и количества инструкций в выделенной области программы. В свою очередь, эти характеристики определяются технологией изготовления, архитектурой микропроцессора, системой команд и технологией компиляции. В представленной книге рассмотрены проблемы улучшения этих характеристик, а также методы и методики проектирования высокопроизводительных вычислительных систем.

Рассмотрены архитектуры микропроцессоров и коммуникационных систем, ориентированных на создание высокопроизводительных вычислительных комплексов вплоть до супер-ЭВМ. Приводится маршрут и методики проектирования микросхем.

Книга предназначена для студентов старших курсов кафедр электроники и автоматики университетов, аспирантов и специалистов указанной области.

Бобков С.Г. (Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

Басаев А.С. (Научно-производственный комплекс «Технологический центр»)

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosphere.ru
sales@technosphere.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphere.ru