

Четыре фактора снижения себестоимости продукции на два порядка

Визит на производство ООО «БУТИС»

Ю. Ковалевский



Прошлой осенью в московской компании «БУТИС», специализирующейся на разработке и изготовлении СВЧ-фильтров на основе поверхностных акустических волн (ПАВ), появился новый робототехнический комплекс. Тогда Тимур Халфин, директор по инновационному развитию предприятия, и Михаил Зотов, генеральный директор ООО «ДС-Роботикс» – компании, разработавшей и поставившей эту установку, рассказали нам о том, как был реализован данный проект¹. Однако из слов Тимура Халфина следовало, что внедрение данного комплекса является частью более масштабного проекта ООО «БУТИС» по освоению новой технологии, которая позволит значительно увеличить объем выпуска, снизить себестоимость ПАВ-фильтров и благодаря этому расширить присутствие компании на рынке СВЧ-компонентов гражданского применения.

Сейчас в рамках этого проекта активно модернизируется производство предприятия, закупается и вводится в строй новое оборудование, и уже получены первые, весьма внушительные, результаты. По словам представителей ООО «БУТИС», расчеты показывают, что уже в ближайшее время реально будет снизить себестоимость производства ПАВ-фильтров гражданского применения примерно в 10 раз, а в дальнейшем она может быть уменьшена еще на порядок. Чтобы узнать, за счет чего это достигается, мы посетили производственную площадку ООО «БУТИС» в ОЭЗ «Технополис Москва».

ЗАДАЧИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РАСШИРЕНИЕ ПРИСУТСТВИЯ НА ГРАЖДАНСКОМ РЫНКЕ

Компания «БУТИС» разрабатывает и производит ПАВ-фильтры уже более 30 лет, но до недавнего времени она была

в основном сосредоточена на изготовлении небольших партий изделий для специального применения, в частности для космической аппаратуры, где, с одной стороны, объемы потребления невелики, а с другой – цена играет не столь значимую роль, как на гражданском рынке. Но само собой, это не означает, что заказчик в принципе

¹ См.: ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2023. № 9. С. 66–71.

не смотрит на цену, поэтому доход производителя, работающего на такие рынки, имеет свой предел. «Наша компания обладает уникальными возможностями по разработке и производству ПАВ-фильтров под конкретные задачи. Уникальными не только в России, но, пожалуй, и в мире, – рассказал нам Тимур Халфин. – Мы можем разработать и изготовить фильтр с необходимыми заказчику параметрами буквально за месяц, если, конечно, эти параметры достижимы исходя из физических законов. Компания достигла очень высокой эффективности в данной области, но тем не менее мы понимали, что рынок специального применения ограничен, и для дальнейшего развития предприятия нам необходимо осваивать серийную гражданскую продукцию. А на этом рынке совсем другие требования: продукцию нужно делать быстро и дешево. Соответственно, нужны и другие технологии».

По его словам, возможности для инвестирования в реализацию новых технологий, которые позволили бы достичь поставленной цели, появились у предприятия в 2022 году, когда оно смогло получить субсидию Минпромторга России в соответствии с постановлением Правительства РФ от 24 июля 2021 года № 1252. Но готовиться к этому проекту компания начала раньше.

Первым шагом стала цифровизация процессов, перевод документации в цифровой вид и начало внедрения CRM-системы. «Благодаря цифровизации и автоматизации мы подготовились к росту количества и объемов отгрузок, и сейчас, когда этот рост случился, мы обеспечиваем оперативность работы с клиентами, не изменив численность персонала соответствующих подразделений, – подчеркнул Тимур Халфин. – Менеджеры видят в системе, когда на склад готовой продукции поступает та или иная партия, и сразу же связываются с заказчиком, сообщают ему, что его заказ готов к отгрузке. В настоящее время у нас бывает до десяти отгрузок в день. Если бы мы продолжали работать с бумагами, при таком потоке это неизбежно приводило бы к задержкам и ошибкам». Также представители предприятия рассказали нам, что за последнее время на порядок выросло количество договоров на поставку – до 500 в год, а обрабатывают их, как и прежде, всего три менеджера. Не изменилось число сотрудников и в планово-экономическом отделе, и в бухгалтерии. На складе отгрузками продолжает заниматься всего один человек.

Но автоматизация бизнес-процессов была, конечно, не единственным вопросом, который нужно было решить для расширения присутствия на гражданском рынке. Главной задачей был поиск конструкторских и технологических решений, которые позволили быкратно увеличить производительность и снизить себестоимость изготовления ПАВ-фильтров.

«Мы изучили подходы, применяемые зарубежными производителями, которые позволяют им обеспечивать низкую стоимость изделий, проанализировали наши возмож-



Тимур Халфин

ности, подумали, что мы можем сделать – рассказал Тимур Халфин. – В результате мы выделили четыре основных фактора, благодаря которым мы могли бы достичь поставленных целей. Это предполагало большой объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, однако опытный коллектив разработчиков и технологов позволял рассчитывать на положительные результаты».

ПЕРВЫЙ ФАКТОР – ПРИМЕНЕНИЕ ЗОНДОВОГО КОНТРОЛЯ ПЛАСТИН

Зондовый контроль пластин до сборки компонентов представляет собой измерение параметров фильтров непосредственно на пластине с помощью контактных щупов – зондов. «Пластина устанавливается на столик установки, затем столик выезжает в рабочую зону, на пластину опускаются зонды, и установка по программе выполняет измерение параметров, касаясь зондами контрольных точек на кристаллах, – пояснил работу автоматического оборудования для зондового контроля главный инженер предприятия Алексей Борисов. – На основе результатов измерений формируется карта годности – файл, в котором к каждому кристаллу, определяемому по координатам на пластине, привязаны данные о том, находятся ли его параметры в допустимых пределах. Причем кристаллы могут делиться не только на годные и негодные, но и по группам годности, в зависимости от показателей».

Надо отметить, что установки разных производителей оборудования используют разные форматы данных для управления и выдачи результатов, и для их преобразования необходимо специализированное ПО. Поэтому мы сформировали на предприятии группу IT, которая взаимодействует со специалистами предприятий-изготовителей для обеспечения передачи данных от одного станка к другому с записью информации в единую базу.



Алексей Борисов

Работа объемная, но мы рассчитываем, что после ее завершения получим сквозное сопровождение изделий в процессе изготовления».

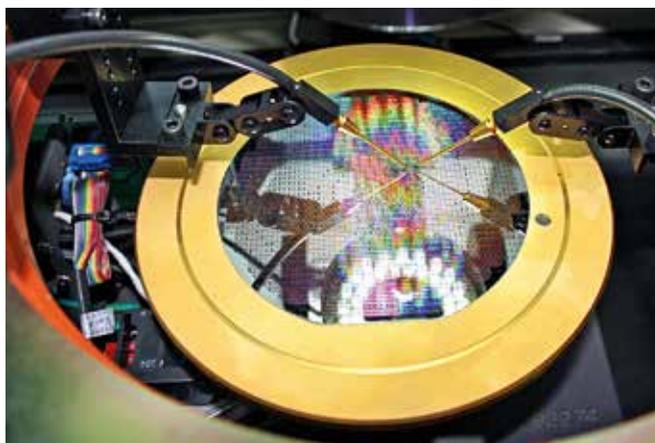
Применение зондового контроля пластин позволяет существенно снизить стоимость продукции. «На пластине может быть 50–70% брака, это нормально, – рассказал нам Тимур Халфин. – При этом стоимость ее изготовления у нас составляет порядка десятков тысяч рублей, а количество кристаллов на ней – несколько тысяч. Таким образом, кристалл для серийной продукции с учетом отбраковки стоит несколько десятков, в некоторых случаях – сотен рублей. Это сравнимо со стоимостью кристаллов, изготавливаемых на зарубежных предприятиях, и в настоящее время составляет несколько процентов в цене конечного изделия. Корпус стоит в десятки раз дороже. И это только корпус, а ведь в него еще нужно установить кристалл, выполнить соединения, герметизацию, прежде чем можно будет приступить к отбраковке изделий в сборе. Поэтому, если на сборку заводом негодные кристаллы не поступают, это позволяет снизить стоимость изготовления партии в два раза и более».

Также контроль на ранней стадии сокращает время изготовления партии. Формирование ПАВ-фильтров на пластине включает намного меньше операций, чем процесс изготовления «классических» кремниевых микросхем, например, по технологии КМОП. В частности, здесь применяется всего одна фотолитография. Поэтому даже если окажется, что на пластине слишком много брака, сделать дополнительную пластину можно достаточно быстро. А процесс сборки компонентов – длительный и трудоемкий, и отсеивание негодных кристаллов до корпусирования дает возможность не тратить лишнее время на сборку фильтров, которые затем будут отбракованы при тестировании изделия в сборе.

Однако Тимур Халфин обратил внимание на то, что 100%-ный зондовый контроль пластин оказывается целесообразным только при превышении объема партии определенного порога. Это объясняет, почему на предприятии данная операция хотя и применялась ранее, но весьма ограниченно. «Когда изготавливается широкая номенклатура изделий в небольших количествах, например для космоса, размер партии может составлять всего несколько десятков штук. Это существенно меньше, чем помещается на пластине. Но как правило, при этом нужно обрабатывать пластину целиком, хотя в некоторых случаях можно разместить на ней несколько разных партий. В любом случае часть кристаллов оказывается лишней. Если лишние кристаллы хранить при определенных условиях, их можно использовать позже, когда будет следующий заказ, но в некоторых областях применения это недопустимо – таковы требования заказчика, и тогда их просто приходится выбрасывать, – пояснил директор по инновационному развитию компании. – Таким образом, под каждую партию необходимо настраивать установку зондового контроля, задавать параметры измерений и обхода пластины. Наладчик тратит на это довольно много времени, а его время стоит дорого. Поэтому оказывается, что при таких небольших партиях быстрее, а иногда и дешевле собрать фильтры с некоторым запасом, а потом разбраковать уже готовые изделия».

Еще одной особенностью применения зондового контроля является то, что параметры СВЧ-фильтра, измеренные на пластине, несколько отличаются от параметров компонента, собранного в корпус. По словам Тимура Халфина, специалистами компании была проделана достаточно серьезная исследовательская работа, в результате которой была выработана методика измерений на разных стадиях производства для компенсации этих различий.

Сейчас для организации 100%-ного зондового контроля пластин в серийном производстве компанией была



Зондовый контроль пластины в процессе выполнения



Новая установка зондового контроля

приобретена новая автоматическая установка, а также модернизирована старая, которая использовалась ранее в ручном режиме для выборочного контроля.

ВТОРОЙ ФАКТОР – ТЕХНОЛОГИЯ FLIP-CHIP

Ранее на предприятии для выполнения межсоединений кристалла с корпусом применялась проволочная разварка. Данный метод сравнительно легко автоматизируется, но пока компания выпускала преимущественно небольшие партии специализированных фильтров, автоматизация была нецелесообразной по тем же причинам, что и зондовый контроль пластин: было проще и дешевле в течение, например, смены выполнить монтаж кристаллов и разварку вручную, чем загружать на полдня дорогостоящего наладчика программированием и отладкой автоматических установок под каждую партию, чтобы они обработали всю эту партию за считанные минуты.

С организацией серийного производства вопрос автоматизации данных операций оказался актуальным, и в компании приняли решение сделать ставку на другую технологию – flip-chip. В этой технологии (если быть точным, в той ее вариации, которая применяется в компании «БУТИС») на контактных площадках кристаллов еще до разделения пластины выполняются столбиковые выводы – так называемые бампы – в виде золотых шариков. Затем пластина разделяется, и кристаллы устанавливаются бампами вниз в корпуса, в которых выполнены ответные контактные площадки, соединенные с внешними выводами. После этого осуществляется приварка кристалла с золотыми шариками к площадкам корпуса.

Выбор этой технологии был продиктован целым рядом ее преимуществ. Во-первых, она проще поддается

автоматизации и обеспечивает более высокую производительность, чем проволочная разварка, поскольку каждая проволока приваривается в двух местах индивидуально, а шарики только устанавливаются по одному, приварка же всех шариков кристалла к контактным площадкам корпуса осуществляется одновременно. Во-вторых, технология flip-chip позволяет уменьшить габариты корпуса, что не только обеспечивает более высокую степень миниатюризации, но и удешевляет изделие, так как в нем используется меньше дорогостоящих материалов. Наконец, в-третьих, соединение через золотой шарик значительно короче проволочного соединения, следовательно оно обладает намного меньшей индуктивностью, что улучшает электрические параметры компонента, в особенности когда речь идет о СВЧ-изделиях.

Однако применение технологии flip-chip в ПАВ-фильтрах потребовало решения ряда специфических задач. Как рассказали нам на предприятии, в кремниевой микроэлектронике, где данная технология довольно широко распространена, приварка кристалла к контактным площадкам корпуса осуществляется методом термокомпрессии, при этом на кристалл оказывается значительное давление. Кристаллы ПАВ-фильтров изготавливаются из пьезоэлектрических материалов, таких как ниобат или танталат лития, а эти материалы хрупкие, и подобные давления они не выдерживают. Поэтому специалистами предприятия был выбран другой метод сварки – термозвуковой. Формирование золотых шариков на пластинах из пьезоэлектриков также выполняется несколько по-другому, нежели на «классических» кремниевых пластинах.

Найти оборудование для выполнения этих операций оказалось непросто, особенно в условиях недоступности западных решений для российских предприятий. По словам представителей компании, даже в Китае такого оборудования практически нет: слишком узкая у него область применения. Тимур Халфин рассказал нам, как был решен этот вопрос: «Мы обратились в нижегородскую компанию „ЭКО-ТЕХ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА“. Они сначала разработали для нас ручную установку для формирования бампов, а затем – и для посадки кристалла с помощью термозвуковой сварки. На этих установках мы отладили технологию, поняли, что она жизнеспособна.

Далее мы нашли в одном из старых журналов, что белорусское предприятие „Планар“ в свое время занималось технологией бампирования, но в то время их решение оказалось невостребованным. Видимо, наш рынок еще не был к этому готов. После ряда переговоров с данным предприятием они согласились сделать для нас автоматические установки для бампирования и посадки кристаллов. Нужно сказать, что эта задача непростая, необходимо обеспечить очень высокую точность выполнения операций. Например, кристалл должен устанавливаться в корпус с отклонением не более 10 мкм. Это

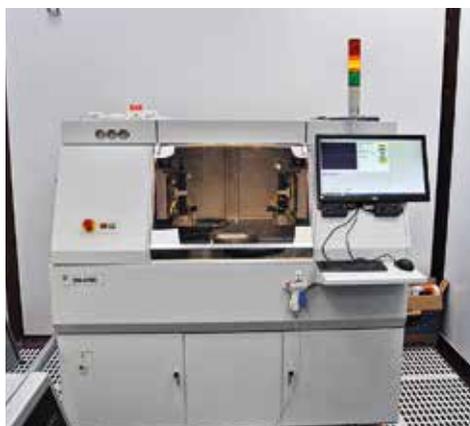


Автоматическая установка электрического соединения кристалла и корпуса (проволочной разварки) и формирования бампов на пластине производства ОАО «Планар»

требуется как качественной механики, так и широкого применения машинного зрения. Но специалисты «Планара» задачу решили. Установка бампирования уже находится на нашем производстве. Сейчас мы вместе с представителями производителя продолжаем работать над отладкой и совершенствованием этих операций.

Кстати, я думаю, что эта история может сыграть положительную роль и для самого «Планара»: сейчас такое оборудование от белорусского производителя может быть интересно многим российским предприятиям, изготавливающим в том числе дискретные полупроводниковые приборы и микросхемы малой и средней степени интеграции».

Работу данного оборудования прокомментировал Алексей Борисов: «Установка бампирования автоматически определяет положение контактных площадок кристаллов на пластине и приваривает к ним золотую проволоку, после чего обрезает ее, оставляя на площадке шарик диаметром 60–90 мкм. Данная установка также может автоматически выполнять проволочную разварку.



Установка разделения пластин на кристаллы

В этом случае проволока приваривается к контактным площадкам и кристалла, и корпуса.

После того как пластина с установленными бампами разделяется на отдельные кристаллы, они остаются закрепленными на пленке-носителе. Эта заготовка поступает на установку посадки кристаллов, которая с помощью технического зрения определяет местоположение кристалла, затем захватывает его вакуумной головкой, а снизу специальная игла покалывает пленку и отделяет от нее кристалл. Далее головка, исходя из данных карты



Установка посадки кристаллов ЭМ-4615 производства ОАО «Планар»

годности, полученной при зондовом контроле пластины, либо устанавливает кристалл в корпус, который находится в специализированной оснастке, и приваривает его, либо переносит его в поддон для бракованных кристаллов или в промежуточную оснастку, если данный кристалл будет устанавливаться не в текущей партии, а в другой, иного сорта. Установка должна „разобрать“ всю пластину за один раз. Оставлять отдельные кристаллы на пленке-носителе нельзя, потому что со временем она растягивается и потом оборудование может просто не найти кристалл по его исходным координатам».

По словам представителей компании, данное оборудование выполняет бампирование пластин и посадку кристаллов на два порядка быстрее, чем при работе на ручном оборудовании.

Оснастка с корпусами, которую упомянул Алексей Борисов, была разработана специалистами ООО «БУТИС» специально для реализации технологии автоматизированной сборки в серийном производстве. Она представляет собой, фактически, матричный поддон с конкретными габаритами и пазами для точного позиционирования. Поддержка унифицированной оснастки была прописана в ТЗ на разработку всего сборочного оборудования, которое предприятие заказывало у различных производителей, что позволило организовать работу этих установок в линии. Изготавливается оснастка самим предприятием с помощью фрезерного станка с ЧПУ.

Еще одна задача, которую потребовалось решить ООО «БУТИС» для внедрения технологии flip-chip, – подбор оптимального ряда корпусов и унификация конфигурации контактных площадок кристаллов ПАВ-фильтров, которые предполагалось производить серийно. Если при проволочной разварке контактные площадки на кристалле могут располагаться по-разному, то в технологии flip-chip они должны находиться строго над площадками корпуса. В то же время количество различных конфигураций корпусов желательно свести к минимуму, поскольку это позволяет удешевить сами корпуса.

Эта работа была проделана, и была заказана разработка корпусов по ТЗ компании «БУТИС» у ведущих российских производителей данных изделий, таких как АО «ЗПП» и ООО «НПП ТЭЗ».

ТРЕТИЙ ФАКТОР – ТЕХНОЛОГИЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ

ООО «БУТИС» выпускает ПАВ-фильтры в металлокерамических корпусах. Такие корпуса обычно состоят из керамического основания и металлической крышки, которая после установки в корпус кристалла приваривается по контуру к металлическому покрытию на основании методом роликовой сварки. Но прежде чем будет выполнен сварной шов по периметру крышки, ее необходимо зафиксировать, что делается с помощью точечной сварки в двух местах.



Рабочая зона установки посадки кристаллов



Оснастка для групповой обработки

«Технология герметизации роликовой сваркой, которая у нас применялась ранее, плохо подходит для серийного производства. Наиболее трудоемкая ручная операция – предварительная прихватка, которая ограничивает производительность несколькими сотнями за смену. После этого на полуавтоматической установке сварки можно собирать порядка тысячи изделий, на автоматической – до 10 тыс. Поэтому мы решили перейти на другую технологию герметизации – пайку с помощью золотосодержащего припоя», – рассказал нам Тимур Халфин. По его словам, технология герметизации пайкой в «классической» микроэлектронике применяется, она достаточно хорошо отработана, и оборудование для нее в мире есть. Однако при пайке крышек в качестве флюса используется муравьиная кислота, применение которой при изготовлении ПАВ-фильтров недопустимо, поскольку она приводит к деградации их структур. Поэтому компании пришлось, по сути, разрабатывать свою собственную – бесфлюсовую – технологию. Это было сделано совместно с саратовским



Робототехнический комплекс герметизации корпусов фильтров. На заднем плане – одна из печей пайки крышек к основаниям корпусов

НТЦ «Магистр», который по ТЗ ООО «БУТИС» разработал и изготовил печь, позволяющую выполнять пайку крышек к основаниям корпусов групповым способом, совместно со специалистами ООО «БУТИС» внес необходимые правки в ее программное обеспечение, а также приступил к изготовлению второй аналогичной печи для комплектования робототехнического комплекса. Как отметил Тимур Халфин, эти печи на порядок дешевле, чем те, которые можно было бы приобрести за рубежом. «Может быть, они не настолько универсальные, как печи мировых лидеров, но нам это не нужно. Да, они не позволяют работать с той же муравьиной кислотой. Но у нас как раз и стояла задача избавиться от ее применения. Так что печи от НТЦ «Магистр» оказались очень экономичным и полностью удовлетворяющим нас решением», – добавил он.

Еще одна проблема – установка и фиксация крышки на корпусе перед пайкой. Она была решена с помощью небольшой компании «РТК Импэкс», которая разработала недорогую групповую оснастку из нитрида алюминия и поставила установку для ее изготовления.

В роботизированный комплекс, созданный компанией «ДС-Роботикс», предполагается интеграция двух печей.

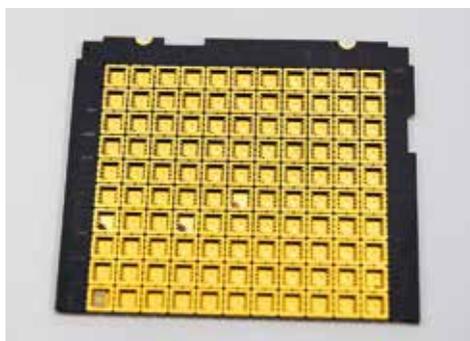
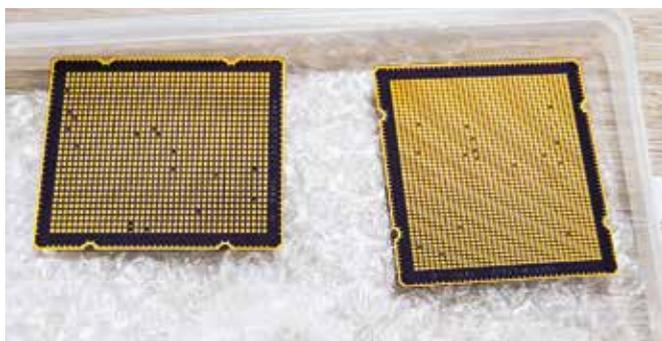
Робот устанавливает крышки и основания в оснастку. Учитывая, что размер крышек может составлять всего $1,5 \times 1$ мм, эта операция требует высокой точности, которая обеспечивается роботом. В каждой оснастке на данный момент помещается до 120 компонентов, в каждой печи – по четыре оснастки, таким образом в двух печах может осуществляться герметизация почти тысячи изделий одновременно. Цикл пайки составляет около 20 мин. В результате с учетом переналадок за смену можно выполнить герметизацию порядка 20 тыс. фильтров.

«Над этой технологией мы работали более года. Сейчас уже можно говорить, что мы ее освоили: на данный момент выход годных на этой операции у нас достигает 90–95%», – отметил Тимур Халфин.

ЧЕТВЕРТЫЙ ФАКТОР – ПРИМЕНЕНИЕ ГРУППОВЫХ ЗАГОТОВОК КОРПУСОВ

Как уже было отмечено, значительная доля себестоимости ПАВ-фильтра приходится на корпус. По словам Тимура Халфина, отечественные корпуса почти на порядок дороже не только китайских, но и японских аналогов. «В большой степени это связано с тем, что за рубежом используются групповые заготовки корпусов, – пояснил он. – Такая заготовка может содержать порядка тысячи оснований. Технология, применяемая для изготовления групповых заготовок, позволяет существенно снизить стоимость отдельного корпуса. К сожалению, ведущие российские предприятия, специализирующиеся на производстве металлокерамических корпусов для электронных компонентов, пока эту технологию не освоили. Но есть компании, которые делают корпуса для собственных нужд. Они применяют другой способ. Несколько упрощая, их подход можно описать так: вместо изготовления отдельных керамических слоев с различным проводящим рисунком и последующего их спекания, они делают металлизированные пластины, на которых затем вырезают рисунок лазером. Это позволяет избавиться от главной проблемы изготовления групповых заготовок – коробления».

Сейчас компания «БУТИС» активно взаимодействует с такими производителями с тем, чтобы получить отечественные групповые заготовки корпусов и тем самым

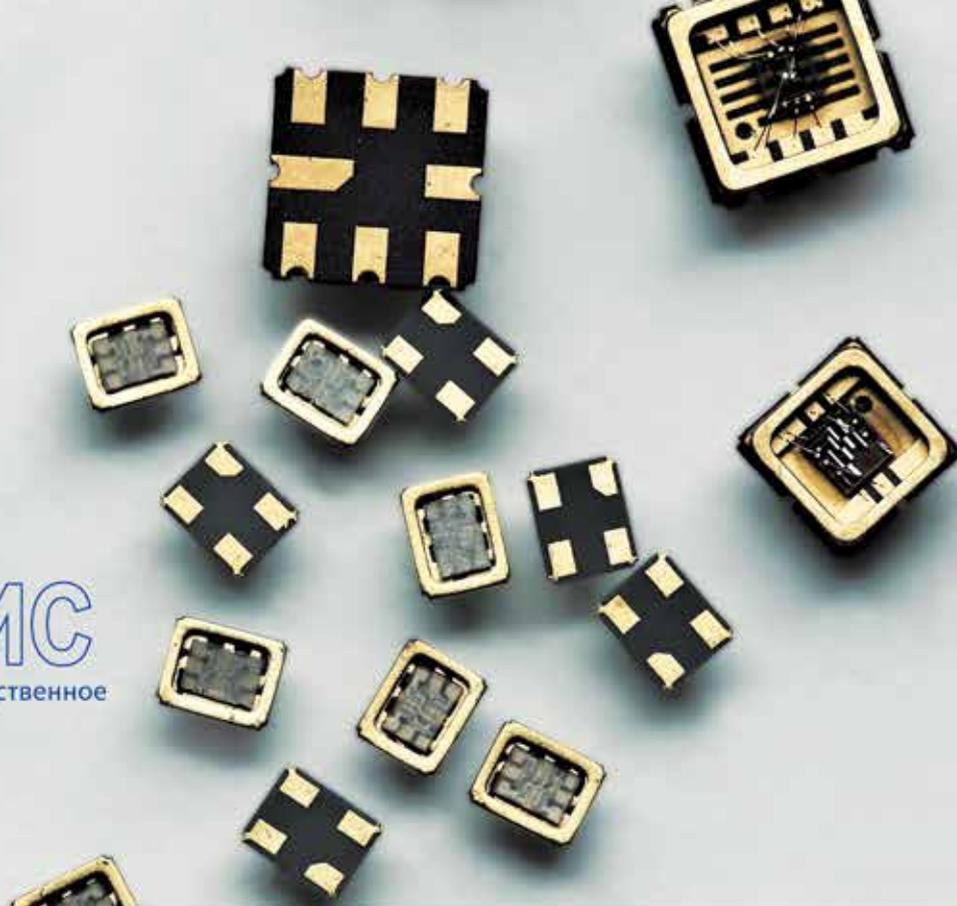


Примеры зарубежных групповых заготовок корпусов



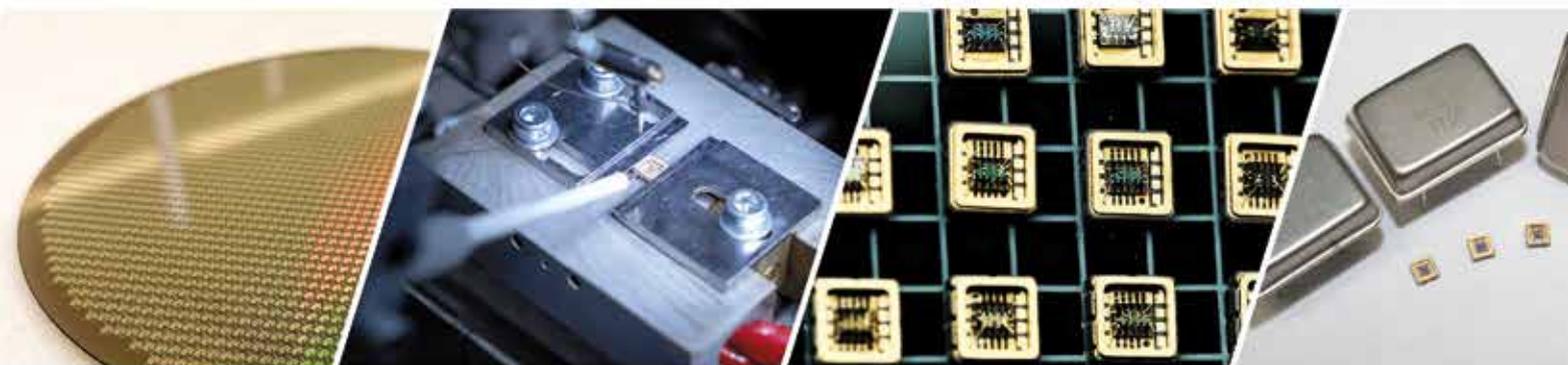
БУТИС

Научно-производственное
предприятие



Радиочастотные фильтры на ПАВ (SAW-filters)

для аппаратуры ГНСС любых стандартов, в том числе GLONASS, GPS, Beidou, аппаратуры телекоммуникации и связи, Интернета вещей, телематических модулей, устройств автомобильной электроники



Локализация в РФ – 100%, включение в Реестр РЭП (ПП РФ 878)

Импортозамещение pin-to-pin ведущих мировых брендов:

Tai-SAW, SAWNICS, Qorvo и других производителей

Разработка и производство в Москве

Быстрое изготовление сигнальных образцов

Кластер микроэлектроники ОЭЗ «Технополис Москва»

приблизить стоимость корпуса к цене зарубежных аналогов. «Мы уже получили опытные образцы групповых заготовок, разработанных по нашим требованиям. Сейчас проводим их испытания. Должен сказать, что пока результаты обнадеживающие, – отметил Тимур Халфин. – Хотя корпуса, выполненные по такой технологии, имеют несколько иные высокочастотные характеристики, для нас, как для разработчика ПАВ-фильтров, это не проблема: мы можем скомпенсировать данное различие на этапе расчета и проектирования топологии кристалла».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ

Как рассказали нам представители компании, в результате внедрения 100%-ного зондового контроля пластин для серийной продукции, технологии flip-chip, а также герметизации компонентов пайкой золотосодержащим припоем предполагается повышение производительности на порядок. Также на порядок ожидается снижение себестоимости фильтров. Это касается именно гражданской продукции, поскольку компоненты специального применения требуют утвержденных технологических процессов, а также большого количества проверок и испытаний, что вносит существенный вклад в их стоимость. Кроме того, такие фильтры продолжают изготавливаться малыми партиями, поэтому автоматизация здесь дает, скорее, обратный эффект с точки зрения цены и общей производительности. Однако недавно внедренные на предприятии автоматические установки используются и при производстве компонентов специального применения, поскольку автоматизация позволяет повысить качество продукции, повторяемость процессов и снизить влияние человеческого фактора.

Помимо этого, благодаря внедрению технологии flip-chip улучшились электрические параметры фильтров и уменьшились их габариты. Сейчас самый миниатюрный фильтр, выпускаемый ООО «БУТИС», имеет размеры 2×1,6 мм, а самый востребованный, в особенности в области автомобильной электроники, – 3×3 мм.

Автоматизация процессов позволила также перевести часть монтажников – тех, кому это было интересно – в наладчики с повышением зарплаты.

Тимур Халфин отметил, что, исходя из теоретических расчетов, пиковая производительность после завершения модернизации производства и окончательной отработки техпроцессов должна составить порядка 20–25 тыс. компонентов в смену, что превосходит достигнутую производительность до внедрения новых технологий примерно в сто раз, а переход на групповые заготовки корпусов в сочетании с оптимизацией отдельных операций позволит снизить себестоимость серийной гражданской продукции еще на порядок, то есть в сто раз относительно себестоимости изделий, выпускавшихся до реализации проекта по разработке фильтров на основе технологии flip-chip



Еще одна новая установка на производстве ООО «БУТИС»: атомно-силовой микроскоп производства ООО «НТ-МДТ», применяемый для контроля и исследования структур на пластинах

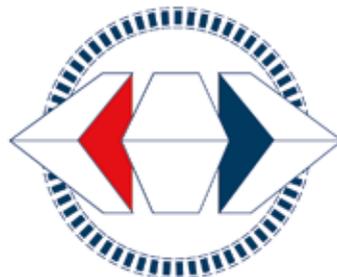
и модернизации производства. Достижение этих параметров – цель предприятия на ближайшее будущее.

Кроме того, в компании рассматривают переход на пластиковые корпуса для фильтров гражданского назначения, что позволит сделать их еще дешевле. Однако из-за специфики ПАВ-фильтров, кристаллы которых не должны с чем-либо контактировать своей рабочей стороной, где выполнена встречно-штыревая структура, здесь снова потребуются проведение большого количества исследований и разработка специфических технологических приемов. Так что это уже планы на следующие два года. ●



ПАВ-фильтры, выполненные по технологии flip-chip

26–28 ноября 2024



РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА:
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ
И КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ,
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
ДЕМОНСТРАЦИЯ ПЕРЕДОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ
КОММУНИКАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА
РАЗВИТИЯ ДЕЛОВЫХ СВЯЗЕЙ,
ПРЯМОГО КОНТАКТА
С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ
ПАРТНЁРАМИ**



**ПРИНЯТЬ
УЧАСТИЕ**

СООРГАНИЗАТОРЫ:



**Минпромторг
России**



**ПРАВИТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

ОПЕРАТОР ФОРУМА:



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ | КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»
PROMEXPO.EXPOFORUM.RU**

TERAS



www.teras-mebel.ru



info@teras-mebel.ru



+7 (995) 631-04-63



ПРОМЫШЛЕННАЯ И АНТИСТАТИЧЕСКАЯ МЕБЕЛЬ



Торговая марка TERAS – знак качества в сфере промышленной и антистатической мебели в России.

Процесс изготовления мебели находится под строгим контролем опытных специалистов в полном цикле создания продукта: от разработки модели до выпуска готового изделия. Все поставки материалов и комплектующих тщательно проверяются на качество и соответствуют имеющимся стандартам.

Один из важнейших принципов создания продукта – индивидуальный подход к Заказчику. Наша инженерная команда разработает изделие по Вашему техническому заданию и индивидуальным потребностям.

Торговая марка TERAS предлагает более 700 разнообразных номенклатурных позиций для оснащения производств в самых разных отраслях промышленности. На регулярной основе реализуем индивидуальные проекты, аналогов которым Вы не найдете.

Наша цель – создание качественных, удобных и безопасных в эксплуатации рабочих мест для развития Вашего дела.





НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА:

Предприятие полного
производственного цикла



Сертификаты
соответствия



Грамотная ценовая
политика



Комплексный подход
к решениям Ваших задач



Гибкие сроки
изготовления



Высокое качество
выпускаемой продукции



Понятная сопроводительная
документация к заказам



Поставки осуществляются
по всей России,
Республике Казахстан,
Республике Беларусь

Разработка
уникальных изделий



Изготовление по
индивидуальным размерам



Реализация уникальных
проектов

