

Девять сотен типоразмеров корпусов за 45 лет

Визит на производство АО «Завод полупроводниковых приборов»

Ю. Ковалевский

Корпусирование – один из важнейших этапов производства микросхем и микроэлектронных изделий. Но для того, чтобы упаковать интегральную схему в корпус, очевидно, нужен сам корпус – изделие, которое вместе со всей электроникой становится всё сложнее и оказывает всё большее влияние не только на стойкость микросхемы к воздействию внешних факторов, но и на ее функционирование.

Мы посетили производство одного из ведущих производителей металлокерамических корпусов ИС в России – АО «Завод полупроводниковых приборов» (ЗПП). Это предприятие, расположенное в г. Йошкар-Ола, в текущем году отмечает 80-летний юбилей, а производство корпусов было запущено на заводе 45 лет назад.

Об истории предприятия, его достижениях за последнее время и планах на будущее нам рассказал технический директор АО «ЗПП» Николай Александрович Нагаев.



Николай Александрович, расскажите, пожалуйста, когда был создан ваш завод и что было его первой продукцией.

История ЗПП началась в 1941 году, когда в Йошкар-Олу эвакуировали Московский прожекторный завод. Первой продукцией нашего предприятия стали осветительные приборы – от фонариков до зенитных прожекторов, подсвечивавших самолеты для наведения орудий.

Параллельно предприятие выпускало продукцию сугубо гражданского назначения. Здесь в разные годы собирались зарядные устройства для аккумуляторов, первые отечественные портативные холодильники для автомобилей, калькуляторы, популярные в нашей стране электронные игры «Ну, погоди!», компьютеры БК и многое другое.

Когда предприятие освоило производство металлокерамических корпусов для ИС?

Это случилось в середине 1970-х. В период конца 1960-х – начала 1970-х годов происходил бурный рост электроники, в основном, конечно, военного назначения, и промышленности требовались интегральные схемы в защищенном исполнении, а завода, обладающего технологией корпусирования необходимого уровня, в стране не было. Этот вопрос был поднят на самом высоком уровне, и тогда было принято решение изучить, кто из мировых производителей сможет поделиться с Советским Союзом такой технологией. Сначала была рассмотрена технология французской фирмы Ceraveg, но она оказалась неподходящей для решения тех задач, которые стояли перед отечественной промышленностью. В результате в 1974 году был заключен контракт между Минэлектронпромом СССР и японской фирмой Kyoto Ceramic (Kyocera) – мировым лидером и во многом законодателем мод в производстве керамики для целого ряда секторов экономики, в том числе для корпусирования ИС. В качестве площадки для локализации технологии в СССР был выбран наш завод, потому что опыт работы с полупроводниковыми приборами в Йошкар-Оле уже был.

Николай Нагаев

По мере развития техники, в противоздушном обороне стали применяться радиолокационные станции, которые работали в полевых условиях, и для их питания использовались дизельные генераторы с выпрямителями электрического тока. Такие выпрямители также освоили на нашем предприятии, и именно тогда появилось его нынешнее название – Завод полупроводниковых приборов.

После войны эта тематика осталась за предприятием. Выпрямители требовались для многих задач, как военных, так и гражданских. Среди экспонатов нашего музея есть, например, селеновый выпрямитель, который, пока не выработал свой ресурс, работал на атомоходе «Ленин».

Выпускать металлокерамические корпуса на предприятии начали в 1976 году. С помощью японских специалистов здесь был освоен выпуск трех типоразмеров корпусов – двух планарных и одного корпуса типа DIP.

С тех пор силами наших специалистов было разработано порядка 900 типоразмеров корпусов. Помимо развития конструктивов планарных корпусов и корпусов типа DIP, на предприятии освоены корпуса типа 5 (безвыводные) с минимальным размером 3×3 мм и матричные корпуса типов 6 и 8 – самые технологически сложные в современной микроэлектронике.

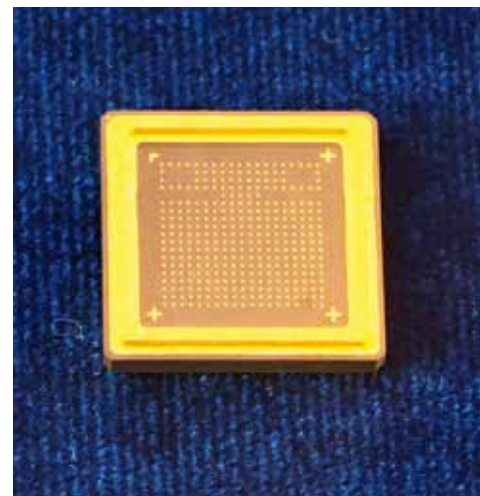
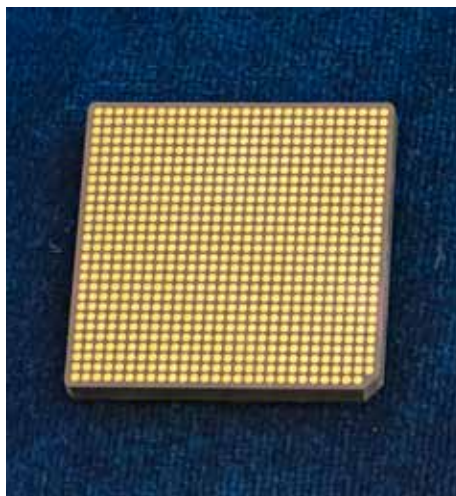
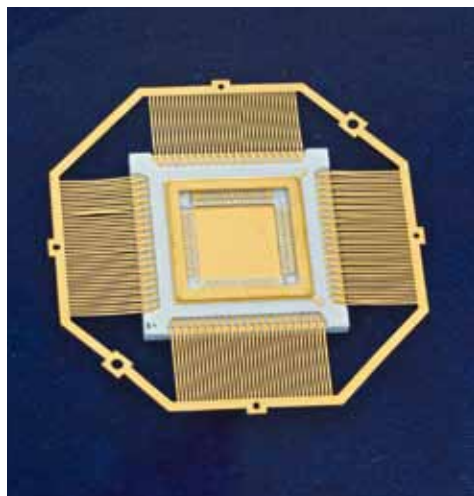
С фирмой Куосега наше сотрудничество продолжается и в настоящее время. На открытии нового участка высокотемпературного обжига керамики в 2018 году красную ленточку перерезал президент этой компании, что было для нас очень приятно и символично.

Корпус 8-го типа – это BGA?

В том числе. BGA – это международная аббревиатура. По отечественной классификации под 8-й тип попадают корпуса с матричным расположением внешних выводных площадок. По сути это корпус с матрицей площадок на нижней стороне керамической платы, на которые



Гражданская продукция, производившаяся ЗПП в прошлом



Корпуса производства ЗПП: а – 4-го типа, б – 8-го типа, в – корпус для монтажа кристалла методом flip-chip

могут быть установлены шариковые выводы – и тогда получится корпус BGA, либо столбиковые выводы – тогда это корпус CCGA. Корпус может монтироваться и непосредственно на плату методом поверхностного монтажа, тогда по зарубежной классификации он будет называться LGA.

Отмечу, что в свое время на заводе был разработан тип корпуса, которого нет в мировой классификации. Он получил название «корпус типа Н». Это была переходная стадия между планарным и безвыводным корпусом. На тот момент у нас не было технологии безвыводных корпусов, а планарные корпуса занимали дополнительное место на плате из-за своих выводов. Тогда наши инженеры придумали помещать металлические выводы на нижнюю плоскость металлокерамической платы. Полученные выводы могут быть обрезаны прямо по границе керамики, не нуждаются в формовке и обеспечивают монтаж корпуса на печатную плату с необходимым запасом. Конечно, со временем мы освоили безвыводные корпуса, но на определенном этапе эта конструкция оказалась востребованной, и до сих пор такие ИС используются в аппаратуре, поэтому потребность в корпусах типа Н всё еще существует.

Что изменилось на заводе за последнее время? Что появилось нового?

За последнее десятилетие предприятие совершило качественный скачок в технологиях.

С 2009 года мы активно обновляем нашу производственную базу. Наш техпроцесс, скажем так, нелинейный: нельзя поставить в ряд несколько новых сверхточных станков, чтобы они сразу стали выпускать принципиально новую продукцию. Ключевое значение для нас имеет материал и его свойства. Поэтому мы начали модернизацию с самых значимых производственных участков, связанных именно с приданием свойств керамическому материалу – линии литья керамики, линии по работе с тонкими пленками, печи высокотемпературного обжига.

Задачей перевооружения было не просто догнать зарубежных коллег, но и в определенных аспектах опередить их. И нам это удалось: сейчас мы делаем ряд изделий, аналогов которым в мире нет. Еще одна задача, которую мы решили путем модернизации производства, – значительное увеличение производительности.

Некоторое время назад в рамках внедрения на предприятии принципов бережливого производства мы существенно изменили внутризаводскую логистику, более эффективно расположили участки, в чем нам оказали помощь специалисты предприятия КАМАЗ – пожалуй, лидера в нашей стране в области повышения эффективности производств.

Мы не останавливаемся на этом: уже сформированы планы дальнейшей модернизации до 2024 года.

Также за последнее время мы расширили область применения нашей продукции. Если в прошлом мы в основном изготавливали корпуса ИС, предназначенных для замены компонентов техники, находящейся в эксплуатации, то сейчас мы выпускаем корпуса новейших микросхем для космоса, авиации, других областей применения. Это и микропроцессоры, и память, и устройства управления, и прочие подобные ИС. Корпуса для таких микросхем – уже не просто оболочка с выводами. Они являются функциональной частью устройства и, конечно же, требуют технологий, отличных от тех, что применялись ранее.

Кстати о повышении функциональности: насколько, исходя из вашего опыта, сейчас популярны такие конструкции, как системы в корпусе (СвК)?

Я не назвал бы это направление очень распространенным на данный момент. Заказы на корпуса для микросборок бывают, но пока их не очень много. Кроме того, эти изделия узкоспециализированные, и их объемы партий малы.

Но если такая потребность у заказчика есть, мы ее с удовольствием рассматриваем и удовлетворяем. Мы открыты для любых идей и призываем обращаться к нам, если нужно разработать и изготовить тот или иной металлокерамический корпус для микросхемы или микросборки. Конечно, как у любого предприятия, у нас есть ограничения, обусловленные применяемой технологией, но наши возможности в данной сфере – лучшие в стране.

Вы работаете только с высокотемпературной керамикой?

Да. Популярность низкотемпературной керамики – LTCC – в определенных областях применения не уменьшается, но такие изделия всё же обладают определенными технологическими ограничениями, поэтому мы продолжаем работать по высокотемпературной технологии. Кроме того, изделия из высокотемпературной керамики могут быть дешевле аналогов из низкотемпературной, потому что в этой технологии применяются проводники на основе вольфрама, а не серебра или меди, как в LTCC.

Но у серебра выше электропроводность...

Мы научились работать с вольфрамом так, что его сравнительно высокое удельное электрическое сопротивление не мешает достигать требуемых характеристик корпусов.

Также мы при необходимости обеспечиваем требования к электрическим связям, которые предъявляются при высоких скоростях передачи данных. Мы выполняем дифференциальные пары, обеспечиваем заданные задержки, импеданс. Среди наших изделий – корпуса, способные обеспечивать передачу сигнала на скоростях до 5 Гбит/с.

В сторону гражданского рынка вы смотрите?

Смотрим. Но, если говорить о корпусировании, там преимущественно применяется другая технология – упаковка в пластик. Мы сотрудничаем с некоторыми российскими компаниями, которые этой технологией обладают, делаем для них комплектующие, например выводные рамки. И планы развивать это направление у нас существуют.

Насколько остро стоит проблема отечественных материалов для производства металлокерамических корпусов?

Это сложный и в то же время интересный вопрос. Хорошо известно, что в 1990-х годах закрылось очень много производств из-за исчезновения массовой потребности в определенных материалах. До сих пор по многим позициям большой востребованности в России нет, и производство таких материалов нерентабельно.

Хотя в последние годы эта ситуация постепенно исправляется, она всё так же остается сложной. Вопросу материалов для микроэлектроники большое внимание уделяет руководство страны. Появляются производители, способные изготавливать, например, малотоннажную химию, которая нас устраивает по качеству.

Для решения технических вопросов с новыми потенциальными поставщиками материалов мы создали у себя на предприятии специальное подразделение.

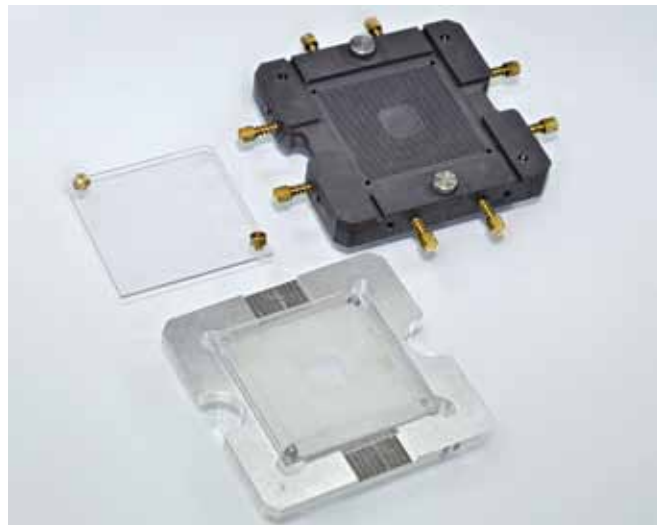
Изготавливаются ли на вашем предприятии какие-либо металлокерамические изделия, помимо корпусов ИС?

Да. В частности, мы делаем металлокерамические нагреватели, в которых нагрев происходит за счет резистивных элементов с высоким удельным сопротивлением между слоями керамики. Благодаря такой конструкции и характеристикам используемых материалов можно получить очень высокие температуры при сравнительно небольших прикладываемых напряжениях.

Такие нагреватели имеют очень широкий спектр применений – от фумигаторов и электрочайников до паяльных станций.

Мы ищем способы применения нашей керамики не только в корпусировании, но и в других областях. Пока говорить об ошеломляющих успехах рано, но определенное видение на перспективу уже складывается. Куда двигаться – видим.

Также отмечу, что помимо основного производства, у нас есть развитый инструментальный цех, где изготавливается необходимая для наших техпроцессов оснастка. А с началом производства корпусов 8-го типа и развитием других новых направлений мы стали также предлагать оснастку для наших заказчиков, предназначенную для операций с подобными корпусами, например для посадки шариковых или столбиковых выводов. У нас освоена



Комплект оснастки для посадки столбиковых выводов

технология изготовления в том числе графитовой оснастки – ею обладают далеко не все предприятия. Кроме того, мы поставляем контактные устройства для тестирования и испытаний ИС в выпускаемых нашим заводом корпусах. Таким образом мы реализуем комплексный подход для удовлетворения потребностей наших заказчиков, чтобы им не приходилось искать на рынке вспомогательные средства для применения наших изделий.

Экскурсию по предприятию для нас провел главный конструктор – начальник КТУ АО «ЗПП» Шамиль Наилевич Шугаев.

Шамиль Наилевич, с чего начинается изготовление металлокерамического корпуса?

У нас организовано производство полного цикла, начиная с изготовления шликеров. То есть на входе технологического маршрута – порошки: глинозем, углекислый кальций, цирконовый концентрат, тальк, песок и др. Смешивая эти составляющие в определенных пропорциях на мельницах, мы получаем литьевой шликер, который затем отливаем в керамическую ленту.

Шликер в литьевую машину поступает из бака, который расположен этажом выше литьевого участка. Лента отливается на носителе, в роли которого для лент с толщиной 200 мкм и более выступает бумага со специальным



Шамиль Шугаев



Литьевая машина

и выдает сигнал оператору, чтобы он мог оперативно устранить проблему.

Толщина ленты задается ракелем, а точнее – зазором между ним и носителем. Наиболее распространенная на нашем производстве толщина ленты – 600 мкм, но мы можем отливать ленту толщиной от 80 до 800 мкм. Таким диапазоном толщин лент не обладает ни одно предприятие в России, кроме нас.

Насколько новое это оборудование?

Данная установка у нас была запущена в 2014 году. Одной из задач перевооружения нашего производства было повышение производительности. Так, данная литьевая

покрытием, предназначенным для того, чтобы впоследствии керамическая лента легко отделялась от бумаги. Более тонкие ленты отливаются на носитель из полиэтилентерефталата.

Процесс литья полностью автоматизирован. В случае нештатной ситуации, например обрыва бумажной ленты, автоматика останавливает оборудование

машина способна сделать за одну смену столько же, сколько могла сделать старая за три смены. Другой вопрос, что пока всей российской электронной промышленности не нужно столько металлокерамических корпусов, чтобы полностью загрузить наше производство. Но учитывая, какое ускорение сейчас придается развитию отечественной электроники, вероятно, в скором будущем такие объемы понадобятся, и благодаря перевооружению мы к этому готовы уже сейчас.

Возвращаясь к техпроцессу, как выполняется сушка шликера на носителе?

Она выполняется в 9-зонной конвекционной печи. В каждой зоне своя температура: в первой – комнатная, далее – по нарастающей от 50 до 110 °С, а в последней зоне выполняется охлаждение. Температурный режим и скорость движения ленты зависят от ее толщины. Чем она больше, тем выше температура и тем медленнее лента движется в печи.

Раньше мы использовали ИК-нагрев, но у него есть ряд недостатков. Прежде всего, он не обеспечивает равномерность. Представьте себе, что вы едете на машине в туннеле. Вы будете ощущать мелькание света из-за локального расположения ламп освещения. Нечто подобное происходит и при движении ленты в печи с ИК-лампами. Кроме того, этот метод очень энергозатратный.

Сейчас у нас работают печи с конвекционным нагревом, причем воздух нагревается с помощью природного газа в отдельном помещении и поступает в печь по трубопроводам. Это обеспечивает равномерный нагрев в каждой зоне.

После сушки лента визуально осматривается на предмет равномерности и отсутствия дефектов на машине, которая сматывает ленту в бобины. Фактически, дальнейшая работа выполняется не с лентой, а с картами, на которые лента разрезается, для чего используется специальная установка. У нас применяется групповой метод изготовления, то есть каждая карта является заготовкой слоя не для одного, а сразу для нескольких корпусов, поэтому чем шире лента, тем больше карта, а следовательно за один проход можно сделать больше изделий.

Здесь следует пояснить, что конструкция металлокерамического корпуса состоит из нескольких слоев, каждый из которых имеет свой топологический рисунок и отверстия



Печь сушки керамической ленты

в заданных местах. Эти слои и делаются из карт.

У ленты есть срок годности?

Да. Но если ленту не удастся использовать до истечения срока годности, мы ее не выбрасываем, а перерабатываем в новую ленту.

Как выполняются отверстия в картах и как наносится на них проводящий рисунок?

Эти операции выполняются на поточной технологической линии по работе с тонкими пленками. На нашем предприятии две такие линии. На более старой линии используются карты меньшей ширины. Помимо этого, новая линия обеспечивает значительно более высокую точность рисунка. Так, на старой линии невозможно получить шаг выводов менее 0,5 мм. Точнее – возможно, но только в очень небольших количествах. А на новой линии можно выпускать на потоке корпуса с шагом 0,3 мм.

Новая линия располагается в помещении класса чистоты 8 ИСО. Данные меры необходимы, потому что рисунок очень тонкий, его не всегда можно разглядеть невооруженным глазом, и если при его изготовлении на заготовке окажется даже очень мелкая пылинка, это приведет к браку.

Состав операций в новой и старой линии схож, но есть и отличия.

Первая операция – пробивка отверстий. Она может выполняться несколькими способами: на прессах с помощью матриц и пуансонов; на станках с ЧПУ, которые также пробивают отверстия механическим образом, но в соответствии с заданной программой; на лазерных установках. Иногда отверстия пробиваются вручную. Как бы странно ни звучало, что в техпроцессе по изготовлению микросхем задействован человек с пробойником и молоточком, иногда это оказывается лучшим решением – в основном, когда речь идет о макетных изделиях.

Далее выполняется операция заполнения проводящей пастой переходных отверстий, если такие отверстия в слое есть. Затем формируется проводящий рисунок – так же проводящей пастой. Эти две операции выполняются на установках трафаретной печати. Замечу, что для разных целей используются разные составы паст, причем это касается не только заполнения отверстий и плоского рисунка, но и слоев с узкими и широкими проводниками.



Контроль качества керамической ленты

Затем керамические слои собираются в стек, заготовка сушится и замоноличивается. В таком состоянии слои заготовки уже невозможно отделить друг от друга, но механические свойства материала до обжига еще не похожи на свойства готовой керамики. Заготовка разрезается по программе на отдельные подложки, которые поступают на другой участок, где расположена печь для обжига.

При какой температуре выполняется обжиг?

При 1550 °С. Он включает две операции – подготовительную, а именно укладку заготовок в специальную оснастку, и основную, то есть собственно обжиг в электрической печи непрерывного действия, при котором из детали удаляются все органические связующие вещества и остается только керамика с впеченными в нее проводящими дорожками. Обжиг выполняется в инертной среде.



Бобины с керамическими лентами



Установка трафаретной печати

Печь для обжига у нас также новая. Мы ее внедрили в 2018 году, что позволило нам сократить цикл обжига с двух до полутора суток и – самое главное – существенно снизить энергопотребление, которое составляет значительную часть производственных затрат, в особенности учитывая то, что такие печи работают круглосуточно: выключать их можно только для технического обслуживания.

При обжиге используется специальная конструкция палет – носителей обжигаемых изделий, которая обеспечивает плоскостность порядка 10 мкм. В старой технологии с традиционными палетами такую плоскостность можно было обеспечить только с помощью последующей полировки. Но полировка – операция, которую хотелось бы избегать, чтобы не стирать проводящий рисунок и не уменьшать толщину диэлектрика.



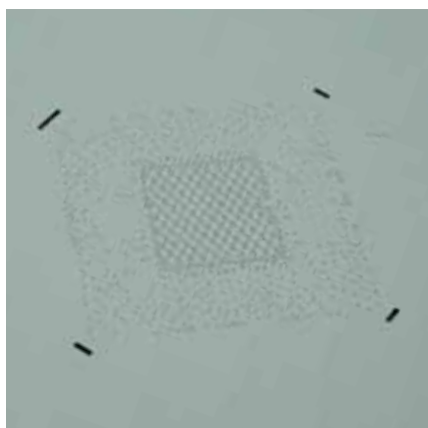
Установка заполнения отверстий

Как осуществляется перемещение палет в печи? В ней есть конвейер?

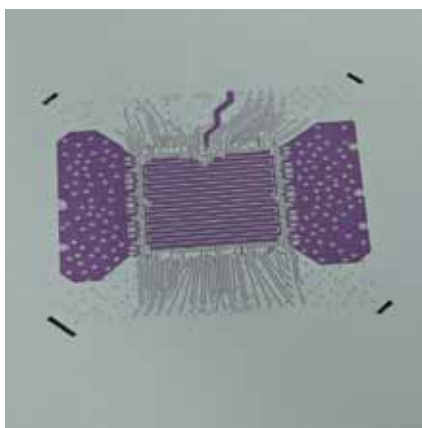
Нет, палеты просто толкают друг друга. В печи более полутора тысяч градусов, ни один механизм не выдержит такой температуры.

Кстати, в новой печи контроль температуры осуществляется автоматически, электроникой. Раньше за температурой следил оператор через специальные окна. Для этого был нужен особый навык. Но в новой печи контрольные окна тоже есть – чтобы проверять, правильно ли работает электроника.

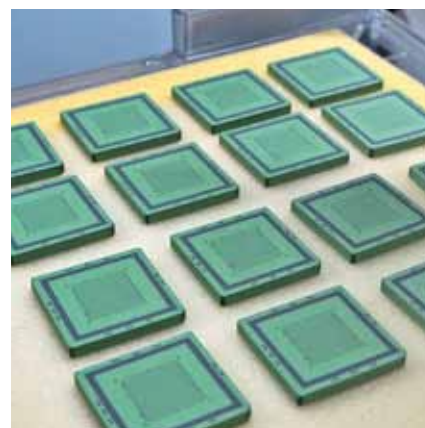
Еще одно важное преимущество новой печи перед старой в том, что в старом оборудовании были разделены процессы предварительного обжига и спекания, и между ними заготовки оказывались в воздушной среде. В новой печи оба процесса выполняются в рамках общего цикла, и заготовка инертную среду не покидает.



Карта слоя с 2000 отверстий диаметром 80 мкм



Карта слоя с проводящим рисунком



Заготовки из 22 слоев толщиной 0,2 мм, готовые к обжигу



Электрическая печь высокотемпературного обжига непрерывного действия



Окно для контроля температуры в печи

Насколько большую проблему составляет усадка керамики при обжиге?

Керамика действительно подвергается значительной усадке. Но особенность нашей технологии в том, что мы можем заранее предсказать величину усадки и скомпенсировать ее при задании размеров заготовки. Это позволяет нам гарантировать нашим заказчикам точность линейных размеров, в частности шага выводов, что очень важно в современных изделиях, таких как flip-chip, чтобы выводы кристалла точно встали на свои контактные площадки на подложке.

Наши возможности по компенсации усадки наглядно демонстрируют подложки сложной формы, например круглой с прямоугольным вырезом. Такие изделия используются в оптических приборах. Для того чтобы получить в результате круглую деталь, нужна заготовка овальной формы, причем отклонение от окружности должно учитывать имеющийся в детали вырез, размеры которого также задаются с учетом усадки. Это достаточно сложная задача, но мы ее успешно решаем.

Замечу, что коэффициент усадки зависит от окружающих условий, поэтому зимой и летом поправка на усадку должна быть немного разной, а следовательно для одних и тех же изделий должна быть разная оснастка.

Несмотря на то, что наша технология обеспечивает достаточно точные геометрические размеры керамических изделий, после обжига выполняется контроль геометрии. Это первый контроль в рамках технологического маршрута. Затем изделия контролируются почти после каждой последующей операции.

А что именно выполняется далее, когда обжиг керамики завершен?

Дальше осуществляется сборка керамических и металлических деталей, таких как выводная рамка и металлический ободок.



Визуальный контроль качества



Круглое изделие с вырезом



Установка металлических деталей корпуса перед пайкой



Печь высокотемпературной пайки

Эти детали припаиваются к металлизации керамического корпуса в конвейерной печи. Чтобы обеспечить смачивание металлизации корпуса припоем, она предварительно покрывается никелем. После никелирования до пайки, а также по завершении пайки выполняется 100%-ный визуальный контроль. Кроме того, после пайки изделие проверяется на вакуумплотность на специальном оборудовании. Выводы подвергаются испытаниям на механическую прочность.

После того, как металлические детали установлены, изделие отмывается, на металлические части наносится гальваническое покрытие, как правило, никель-золото, и вновь выполняется контроль качества – визуально, а также с помощью измерительного оборудования для определения толщины гальванического покрытия.

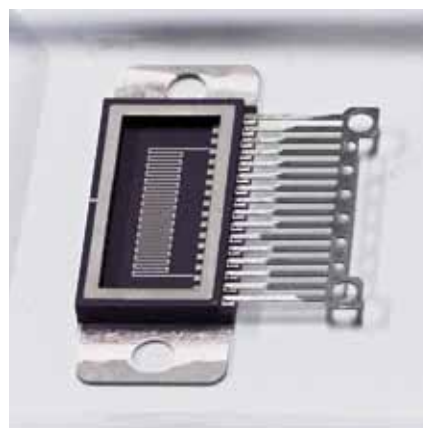
Какова задача металлического ободка?

Он нужен для того, чтобы затем к нему можно было приварить крышку и обеспечить тем самым герметизацию микросхемы.

А почему крышка должна привариваться к ободку, а не припаиваться непосредственно к керамической детали?

Главная причина в том, что пайка выполняется при высокой температуре – до 820 °С. Обычно для этого используется припой ПСр 72. Такую температуру не выдержит ни один кристалл. Поэтому пайка осуществляется до установки в корпус кристалла, а герметизация выполняется сваркой уже на стороне заказчика.

Применение высокотемпературной пайки позволяет нашим корпусам выдерживать рабочие температуры до 200 °С и даже более. Это подтверждают наши



Корпус с припаянными металлическими деталями

испытания, хотя в ТУ указываются более скромные значения – до 155 °С. Нужно сказать, что такой диапазон рабочих температур достигается правильным выбором не только припоя, но и материалов металлических деталей. Они подбираются так, чтобы свести к минимуму различие их ТКР и ТКР керамики.

Мы видели, как создается керамическая часть корпуса. А металлические части также изготавливаются на вашем заводе, или вы их закупаете?

Мы их изготавливаем сами. У нас реализовано несколько методов обработки металлических деталей – холодная штамповка, химическое травление и обычная механическая обработка, включающая токарные, фрезерные и другие подобные операции.

Несколько лет назад мы приобрели новый штамповочный автомат, но старые станки продолжают трудиться. Им уже более четырех десятков лет, но они всё еще соответствуют заявленным характеристикам.

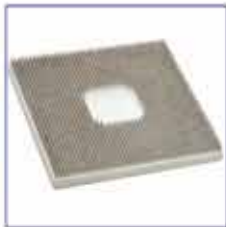
Однако требования к точности обработки растут, и оборудование рано или поздно морально устаревает. Новый станок у нас того же производителя, что и старые установки, – швейцарской компании Bruderer. Он

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



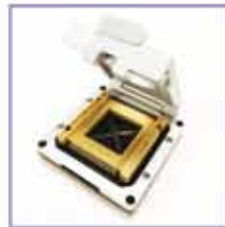
Выводные рамки



Металлокерамические
корпуса



Нагревательные
элементы



Контактные
устройства



Графитовая
оснастка



Оптоэлектронные
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

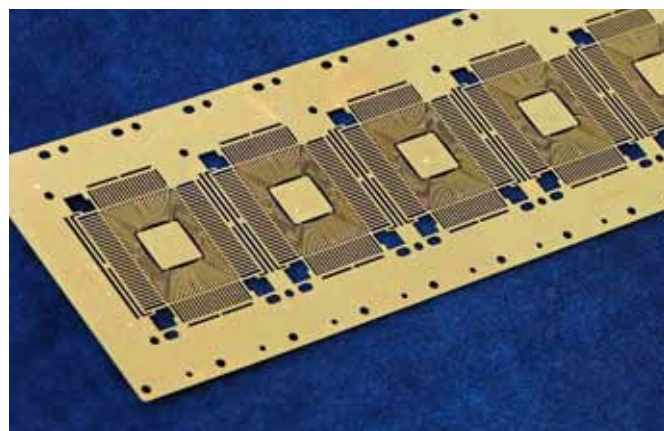
zpp12.ru



Старая штамповочная линия



Новый штамповочный автомат



Выводная рамка, полученная методом химического травления

обладает не только большей точностью, но и значительно более высокой скоростью обработки. Благодаря этому он заменил целую линию старых станков. Мы планируем приобрести еще одну новую установку, которая заменит вторую линию.

Мы прошли практически всю цепочку производства металлокерамических корпусов. Наверное, стоит сказать пару слов про завершающую операцию – упаковку.

Да, здесь нам тоже есть чем похвастаться. Мы считаем, что хорошим должно быть не столько содержание, но и упаковка.

Каждое изделие у нас укладывается в свою ячейку тары. Это позволяет избежать повреждений корпусов при транспортировке. Конструкция упаковки – своя для каждого

типа серийного изделия. Универсальная упаковка используется только для небольших заказов, но всё равно подбирается наилучший вариант для каждого типа изделий.

Наконец, мы стараемся сделать упаковку не только функциональной, но и красивой. Как бы то ни было, это тоже немаловажный фактор, подчеркивающий высокую культуру производства и наше отношение к делу.



Упаковка готовых изделий



Коробки с изделиями

Спасибо за интересный рассказ.



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2021



3-9 октября

Алушта, Республика Крым



+7(495) 641-57-17

www.microelectronica.pro

Email: info@microelectronica.pro