

В приоритете – расширение спектра решений, развитие производства и, конечно, подготовка кадров

Рассказывает генеральный директор
АО «Завод полупроводниковых приборов» А. К. Нарбутт



АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП», входит в Группу компаний «Элемент») – крупнейший в России производитель металлокерамических корпусов для микросхем и микросборок. Продукция этого предприятия, расположенного в г. Йошкар-Ола, сейчас особенно востребована на фоне роста производства интегральных схем в нашей стране. Генеральный директор предприятия Андрей Константинович Нарбутт рассказал нам о приоритетах развития завода, о новых разработках и перспективных технологиях, которые осваиваются АО «ЗПП», о том, как в компании обстоят дела с кадрами, а также о проекте по строительству нового производственного корпуса, старт которому был дан в день нашего визита на завод на торжественном мероприятии с участием Главы Республики Марий Эл Юрия Викторовича Зайцева, где была заложена капсула времени с обращением к будущим поколениям.

Андрей Константинович, вы вступили в должность генерального директора АО «ЗПП» в феврале 2024 года. Как бы вы охарактеризовали состояние предприятия на тот момент и какие первоочередные задачи вы видите перед собой сейчас?

Я пришел в АО «ЗПП» в середине прошлого года – на должность исполнительного директора, поэтому у меня было достаточно времени для того, чтобы оценить состояние завода, понять, в чем заключаются его сильные стороны, и выявить те моменты, на которые необходимо сделать основной упор в ближайшие годы и в перспективе.

На сегодняшний день завод является лидером по производству металлокерамических корпусов в нашей стране. Доля предприятия на российском рынке металлокерамических корпусов превышает 50%, поставки осуществляются всем отечественным производителям микросхем и микроэлектронных сборок. Продукция завода востребована, и за последнее время спрос на нее еще более вырос, что, безусловно, связано с нынешней ситуацией – с разрывом связей с рядом стран, с которыми до 2022 года были налажены тесные контакты по поставкам ЭКБ.

Основной задачей развития предприятия на данный момент, учитывая растущий спрос на продукцию

АО «ЗПП», мы видим замещение в наших технологических процессах производственного оборудования и импортных материалов, более недоступных на российском рынке.

Насколько это удается? Могут ли отечественные производители обеспечить ваши потребности в технологическом оборудовании?

Сейчас в стране ведутся работы по созданию отечественных средств производства, но, к сожалению, пока не всё необходимое нам оборудование производится в России. Поэтому, когда мы говорим о приобретении оборудования, конечно, в первую очередь речь идет об импортных решениях, доступных в современных условиях.

Но стратегически мы, безусловно, нацелены на переход на российских производителей и в своих перспективных проектах полагаемся на использование отечественных материалов, оборудования и, что немаловажно, на российских специалистов, потому что без собственных кадров, обладающих высокой квалификацией в различных областях – материаловедении, химии, технологии и т. п. – невозможно существование производства современного уровня. Именно такое производство нам сейчас необходимо, поскольку перед нами стоит очень серьезная задача: выйти на мировые стандарты проектирования и производства электронных компонентов. И эта задача касается как микроэлектроники, так и всей промышленности в целом.

А как обстоят дела с материалами, в особенности с керамикой?

Действительно, керамика является краеугольным камнем для продукции, выпускаемой нашим заводом. Одно из отличий АО «ЗПП» от ряда других предприятий, выпускающих керамические изделия для микроэлектроники, заключается в том, что наш завод обладает собственным производством керамической ленты. Причем за последние годы мы существенно продвинулись также и в сторону импортозамещения материалов, которые применяются для ее изготовления. На сегодняшний день мы готовы использовать полностью отечественное сырье, разработанное специально под нас и с нашим участием. Выполнены соответствующие испытания, технологические работы, с поставщиком выстроены долгосрочные отношения.

Могу сказать, что в целом вопросы импортозамещения основных материалов у нас решены. Однако остаются сложности в отношении малотоннажной химии. К сожалению, в России такого производства не было, и его, безусловно, нужно ставить, потому что

от химии напрямую зависят основные параметры и качество наших изделий. Если не закладывать в основу продукции качественные материалы, поднять отечественную микроэлектронику будет невозможно, а зависеть от зарубежных поставщиков, как мы убедились за последние два-три года, очень опасно. Поставляя более половины металлокерамических корпусов для микроэлектроники России, мы не можем себе позволить риск остановки производства из-за неожиданного прекращения поставки материалов и комплектующих.

Доля АО «ЗПП» на российском рынке металлокерамических корпусов превышает 50%, поставки осуществляются всем отечественным производителям микросхем и микроэлектронных сборок

Вы сказали, что потребность в изделиях предприятия в последнее время выросла. Можно ли привести некоторые цифры, характеризующие этот рост?

Действительно, завод за последние два года сделал серьезный рывок. Увеличение производства в 2022 году по отношению к 2021-му двукратное, в 2023-м к 2022-му – еще в 2,5 раза. Иными словами, за два года по объему выпуска мы выросли в пять раз. И потребности в продукции предприятия продолжают увеличиваться. Ведь производители ЭКБ из недружественных стран более не поставляют свою продукцию в Россию, а спрос на микросхемы не только не снижается, но всё более возрастает с развитием цифровизации экономики страны и всех сфер нашей жизни.

Исходя из потребностей отрасли, растет и наше производство. Причем оно не просто масштабируется: увеличивается объем выпуска сложных корпусов, создаются новые решения для многовыводных микросхем, сборки по технологии flip-chip и т. п.

Как раз сегодня на заводе проводится торжественное мероприятие – закладка капсулы времени, приуроченная к старту проекта по строительству нового корпуса предприятия. Этот проект направлен на решение обеих задач – и наращивания объема производства, и развития технологий.

Расскажите, пожалуйста, подробнее об этом проекте. Как вы пришли к нему?

Идея создания нового корпуса опирается на историю нашего предприятия. Оно было создано осенью 1941 года на базе эвакуированного в Йошкар-Олу Московского прожекторного завода и производило различную продукцию как гражданского, так и военного назначения – осветительные приборы, выпрямители, зарядные устройства для аккумуляторов и др. В 1960–1970-х годах начала активно развиваться микроэлектроника, а кристаллы нужно защищать от внешних воздействий, осуществлять их коммутацию с другими компонентами в аппаратуре – словом для микросхем нужны корпуса. Но предприятия, обладавшего соответствующими технологиями, на тот момент в Советском Союзе не было, и на самом высоком уровне было принято решение организовать производство металлокерамических корпусов на нашем заводе, локализовав здесь технологию японской компании Kyoto Ceramic (Кюосера) – одного из мировых лидеров в данной области. Соответствующий контракт с данной компанией был заключен

в 1974 году, а через два года завод уже начал выпускать первые металлокерамические корпуса – два типоразмера планарных корпусов и один корпус типа DIP.

Затем завод развивался, обновлялось оборудование, расширялась номенклатура выпускаемых корпусов. В основном технологии, внедренные на предприятии, базировались на решениях компании Кюосера, сотрудничество с которой до недавнего времени продолжалось.

Сейчас, оценив перспективы развития в текущей ситуации, когда, с одной стороны, спрос на корпуса активно растет, а с другой – мы более не можем полагаться на сотрудничество с японскими партнерами, мы поняли, что нам необходимо масштабное расширение производства с освоением перспективных технологических направлений.

В результате появился этот проект, который был одобрен Группой компаний «Элемент». Он рассчитан на ближайшие 6 лет и включает в себя не только строительство нового корпуса, в котором разместятся участки сборки, пайки, химических и гальванических операций, контроля, но и исследования



Комментарий Главы Республики Марий Эл Ю. В. Зайцева

На наш вопрос о планах дальнейшего развития предприятий отрасли в регионе в связи со стартом проекта по строительству нового корпуса АО «ЗПП» и заложением капсулы времени ответил Глава Республики Марий Эл Юрий Викторович Зайцев.

Юрий Викторович, каковы ваши планы как Главы Республики Марий Эл в отношении дальнейшего развития предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности в республике?

В настоящее время в Республике Марий Эл много предприятий, относящихся к радиоэлектронной отрасли, имеющих федеральное значение. На том историческом отрезке, в котором сейчас находится наша Родина,

сферы промышленности, связанные с микроэлектроникой, радиоэлектроникой, машиностроением специального назначения, имеют определяющий для государства характер.

Все предприятия, относящиеся к данной отрасли, имеют высокотехнологичный вектор развития. Правительство Республики Марий Эл заинтересовано в оказании полномасштабной поддержки, направленной на развитие радиоэлектронной отрасли. Необходимо отметить, и это самое главное, что каждое из предприятий – это еще и люди. Создание высокотехнологичных рабочих мест обеспечивает достойный уровень оплаты труда, способствует сохранению лучших специалистов в республике, а также создает платформу для привлечения высококвалифицированных специалистов из других регионов Российской Федерации.

Наша команда настроена и дальше оказывать всестороннюю поддержку предприятиям отрасли, отстаивать их интересы не только на региональном, но и на федеральном уровне.



в области материаловедения, разработки и внедрения новых технологий.

В каких направлениях развивается линейка корпусов, выпускаемых АО «ЗПП»? Какие новые решения предлагает предприятие заказчиком?

В последние два года основной упор был сделан на импортозамещение сложных корпусов с матричным расположением выводов – 6-го и 8-го типов, а также миниатюрных корпусов. Для таких изделий необходимы меньшие проектные нормы: если у корпусов, которые серийно выпускались на предприятии ранее, минимальная ширина проводников и минимальный зазор между ними составляли 200–250 мкм, то сейчас мы уже запускаем в серию изделия с проектными нормами до 75–80 мкм, а в перспективе планируем освоить выпуск корпусов с нормами 50 мкм.

Также нами разработаны новые технологические приемы, которые нигде в мире до этого не применялись. Примером этого может служить корпус для микросборки, который состоит из двух оснований из высокотемпературной керамики, а соединение и взаимная герметизация происходит с помощью лазерной сварки. За эту разработку мы получили Государственную премию Республики Марий Эл. Данное решение позволяет в небольшом объеме разместить сборку, для которой по традиционной технологии понадобился бы корпус, в три раза больший по занимаемой на печатной плате площади. Это прежде всего положительно сказывается на массогабаритных характеристиках изделий, но также повышает их надежность, потому что герметизация требуется по контуру, более короткому, чем если бы аналогичная схема размещалась в обычном металлокерамическом корпусе. Сравнимой миниатюризации можно достичь при двустороннем монтаже компонентов на керамическом основании, но в этом случае потребовалось бы закрывать схему крышками с обеих сторон, а это уже два критических соединения, что снижает надежность сборки.

Кроме того, отвечая на ваш вопрос, я бы добавил, что в последние годы завод всё в большей мере предлагает пакетные решения, специализированные под конкретный проект. Сейчас, сохраняя серийное производство каталожной продукции, мы активно дополняем эту деятельность заказными разработками с глубокой проработкой решений в плотном взаимодействии с заказчиком. Один из таких проектов – корпус, разрабатываемый для СВЧ-фильтра на поверхностных акустических волнах. В данном изделии применяется технология flip-chip, а размеры корпуса составляют 2 × 1,6 мм. Это пример не просто

тесной кооперации с заказчиком, но и эффективной деятельности по импортозамещению СВЧ ЭКБ.

Таким образом, одним из наших приоритетных направлений выступает развитие компетенций в конструкторской и технологической разработке.

Говоря о проектировании новых изделий, нужно сказать и о разработке контактирующих устройств для тестирования и испытаний микросхем, а также технологической оснастки, например, для посадки шариковых и столбиковых выводов на корпуса 8-го типа. Наши возможности позволяют проектировать и изготавливать сложную оснастку, в том числе графитовую – эта технология есть далеко не у всех предприятий отрасли.

Вы упомянули про оригинальное решение для корпусирования микросборок. Уже несколько лет системы в корпусе (СвК) рассматриваются как альтернатива системам на кристалле (СнК), более подходящая для отечественного рынка производства электроники. С вашей точки зрения, набирает ли популярность данная концепция?

Концепция СвК за последние годы приобрела особую актуальность. Хотя СвК и СнК служат разным задачам, и каждая из этих технологий обладает своими достоинствами и недостатками, в определенных условиях системы в корпусе действительно можно рассматривать как альтернативу СнК.

Одним из наших приоритетных направлений выступает развитие компетенций в конструкторской и технологической разработке

Доступ к кристалльным технологиям с малыми проектными нормами, которые нужны для изготовления СнК, для российских компаний сейчас существенно ограничен. В то же время СвК позволяют при более крупных проектных нормах получить практически ту же функциональность – а в некоторых случаях и большую, если речь идет об объединении в одной сборке различных технологий, например цифровых кристаллов и СВЧ-компонентов. Платой за это является увеличение массогабаритных характеристик и энергопотребления, но во многих областях применения это не играет критической роли. СнК незаменимы только в устройствах с особыми требованиями по габаритам

и потреблению энергии, например в имплантируемой медицинской электронике. Также может быть нецелесообразной замена СнК на СвК в массовых потребительских устройствах, таких как смартфоны. Но в подавляющем большинстве устройств стационарной и бортовой аппаратуры СвК вполне способны решать те задачи, которые перед ними ставятся. Поэтому концепция СвК является для отечественной электроники не просто актуальной, но в ряде областей практически безальтернативной, и эта ситуация, по моему мнению, будет сохраняться в ближайшие 5–10 лет, пока у нас не появятся кристалльные производства, обеспечивающие изготовление СнК с необходимыми проектными нормами.

Концепция СвК является для отечественной электроники не просто актуальной, но в ряде областей практически безальтернативной

Рост интереса к СвК со стороны разработчиков мы наблюдаем, и отвечая на этот запрос, мы рассматриваем в том числе освоение сборки таких изделий, организацию соответствующего производства на нашей площадке. У нас в стадии рассмотрения достаточно крупный и долгосрочный проект по СвК с одним из основных наших заказчиков. Мы ожидаем, что данный проект придаст импульс для стратегического развития этого направления на нашем заводе.

Также следует отметить, что традиционно АО «ЗПП» занимается высокотемпературной керамикой, но есть и другая технология, которая находит применение при изготовлении систем в корпусе и которая обладает своими особенностями и преимуществами. Это низкотемпературная совместно обжигаемая керамика – LTCC. У нас в стране несколько предприятий занимаются этой тематикой. Существует отечественная керамическая система LTCC, разработанная АО «НПП „Исток“ имени А. И. Шокина» совместно с ООО «НПП Дельта-Пасты». И мы тоже смотрим в сторону освоения данной технологии. На наш взгляд, здесь может образоваться синергетический эффект. АО «ЗПП» способно организовать серийный выпуск LTCC-изделий. При этом у того же «Истока» есть большая и высококвалифицированная команда разработчиков, а, например, у «НПЦ Спец-ЭлектронСистемы» – сильные технологи, а также

оборудование, позволяющее обрабатывать технологию и изготавливать опытные образцы и малые серии LTCC-изделий. Поэтому, если мы распределим роли в соответствии с нашими основными компетенциями, мы сможем построить эффективную цепочку кооперации по разработке изделий, отработке технологий и серийному выпуску таких СвК. Наша роль здесь – серийный завод.

Сейчас на рынке можно заметить существенный интерес к корпусированию в пластик. Есть несколько проектов по созданию и расширению соответствующих производств. Рассматриваете ли вы направление комплектовщиков для данной технологии в качестве одного из приоритетных для предприятия?

В ГК «Элемент» это направление – одно из приоритетных, и наш завод, конечно, развивает производство комплектовщиков, таких как выводные рамки, для поставки предприятиям группы компаний, которые занимаются корпусированием в пластик в больших масштабах.

Однако основная задача АО «ЗПП» – это обеспечение корпусами производителей микросхем и микросборок для высоконадежной техники, а в таких областях применения обычные пластиковые корпуса использоваться не могут, потому что они не обеспечивают достаточного уровня защиты кристаллов. Поэтому непосредственно корпусирование в пластик не входит в число наших приоритетных задач.

В то же время мы следим за мировыми тенденциями и проводим работы по оценке новых решений, появляющихся в мире, и одним из таких решений является применение для корпусирования специализированного пластика, который по своим характеристикам практически не уступает керамике. Однако пока у этой технологии есть существенный недостаток: она ненамного дешевле, а в некоторых случаях и дороже, чем классическая технология сборки в металлокерамические корпуса. Таким образом для массового гражданского рынка, на который ориентировано корпусирование в пластик, она на сегодняшний день не подходит. Но высокая стоимость этого решения связана преимущественно с тем, что оно еще довольно новое. По мере доработки материалов, развития технологии и расширения ее применения, она, по всей видимости, будет дешеветь. Также вероятно, что и характеристики таких специальных пластиков будут улучшаться. И тогда это решение сможет составить конкуренцию по крайней мере металлокерамическим корпусам. Мы внимательно следим за развитием данной технологии и изучаем

соответствующие материалы и мировую практику, но на данный момент выйти на рынок с подобными изделиями не представляется возможным. Я думаю, для того чтобы эта технология «созрела», потребуется еще около пяти лет.

Недавно в нашем журнале была опубликована статья группы специалистов АО «ЗПП» о применении искусственного интеллекта (ИИ) для контроля продукции¹. Насколько в таких вопросах можно полагаться на ИИ – технологию, которая, кажется, еще требует особой осторожности в использовании?

Вы затронули очень интересное направление, в котором мы работаем. Микроэлектроника требует особого тщательного контроля изделий на каждом этапе их производства. Выпускать непроверенную продукцию мы просто не имеем права, а если осуществлять контроль только на конечном этапе ее изготовления, то стоимость ошибки, допущенной на более ранних стадиях, резко возрастает. Поэтому на четырех этапах контроля, организованных на нашем производстве, задействовано большое количество людей, от которых требуется высокая ответственность, усидчивость, собранность. Какие бы высококвалифицированные работники ни были заняты на контрольных операциях и какие бы комфортные условия для них ни создавались, полностью исключить человеческий фактор невозможно.

Поэтому одной из приоритетных задач наших технических служб является замена ручного контроля автоматической оптической инспекцией (АОИ). Мы ведем работы в данном направлении на протяжении нескольких лет и достигли определенных результатов. Некие базовые решения по использованию искусственного интеллекта для решения этой задачи у нас должны появиться, думаю, в ближайшие год-два.

Вы правильно отметили, что с подобными технологиями нужно обращаться очень осторожно. Поэтому мы не рассчитываем, что ИИ, по крайней мере в ближней перспективе, полностью заменит человека на контрольных операциях, возьмет на себя всю ответственность за принятие решений. На первых порах с помощью АОИ мы будем набирать данные для формирования базы, которая позволит нашим специалистам определить критерии обнаружения брака при автоматической инспекции и установить систему отбора изделий при дальнейшем использовании для этих целей ИИ. Впоследствии ИИ, базирующийся

на выработанных подходах и обработанных данных, поможет быстрее и качественнее производить контроль. Это позволит высвободить некоторое количество работников, повысить производительность труда и снизить влияние человеческого фактора при разбраковке изделий. Само собой, применение данного подхода по всей цепочке изготовления изделий обеспечит возможность на ранних стадиях выявлять те из них, которые заведомо не пройдут по качеству на последующих операциях. Всё это в конечном счете не только повысит качество выпускаемой продукции, но и снизит ее себестоимость.

Эта задача интересная, сложная, но вполне решаемая. Уверен, у наших специалистов хватит знаний и технической смекалки, чтобы успешно реализовать данное решение.

Вы уже упомянули про важность кадров для отечественной микроэлектроники. Очевидно, что, несмотря на новые технологии – ИИ, цифровизацию производства – ее развитие будет определяться людьми, их квалификацией, мотивацией... Как обстоят дела с кадровым вопросом на предприятии сейчас?

Сохранять и расширять высококвалифицированный и мотивированный коллектив нам помогает то, что мы уделяем внимание не только росту благосостояния сотрудников, чтобы они могли обеспечить себе достойную жизнь (а согласно данным за 2023 год, на нашем заводе самая высокая зарплата среди промышленных предприятий региона), но и социальной составляющей. Например, у нас действует система ДМС не только для самих сотрудников, но и для их детей. Доступны бесплатные посещения бассейнов и ледового катка. Постоянно проводятся корпоративные массовые спортивные мероприятия.

Сохранять и расширять высококвалифицированный и мотивированный коллектив нам помогает то, что мы уделяем внимание не только росту благосостояния сотрудников, но и социальной составляющей

За последние два года численность персонала предприятия выросла в 1,5 раза. Но профессионалов приходит немного. Приходится обучать людей в стенах завода.

¹ См.: ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2024. № 3. С. 196–198.

К нам приходит много молодежи. Большую помощь нам оказывают вузы, которые находятся в Республике Марий Эл. Мы плотно взаимодействуем с ними, наши специалисты читают лекции, проводят семинары, лабораторные работы в данных учебных заведениях. В Марийском государственном университете и Поволжском государственном технологическом университете у нас организованы базовые кафедры. Достаточно большое количество студентов вузов приходит к нам на практику. Здесь они видят, как то, чему их учили в университете, работает на реальном современном высокотехнологичном производстве. Так что при содействии вузов кадрами мы в основном себя обеспечиваем.

Для того чтобы развивать производство, внедрять перспективные технологии, в нашей отрасли необходим горизонт планирования в десять-пятнадцать лет

Но следует отметить, что с подготовкой кадров по многим направлениям, необходимым электронной промышленности, за последние десятилетия сложилась не лучшая ситуация. Если разработчиков электроники вузы выпускают, то технологов, которые могли бы реализовать их идеи, долгое время практически не готовили. Наше предприятие давно обращало внимание на эту проблему.

В марте этого года наш завод посетил заместитель Председателя Правительства РФ Дмитрий Николаевич Чернышенко, который поставил задачу сформировать предложения по созданию в Республике Марий Эл кампуса по подготовке специалистов по микроэлектронике – не только разработчиков, но и технологов, гальваников и других востребованных в отрасли специалистов. Иными словами, должно быть сформировано некое объединение промышленных партнеров в лице АО «ЗПП» и других предприятий, расположенных в Йошкар-Оле, с учебным блоком, который будет готовить кадры не только для нас, но и для электронной промышленности России в целом.

Мы с большим оптимизмом восприняли эту задачу. В нашем разговоре я упоминал различные направления развития завода, но данную задачу я бы назвал самой приоритетной, потому что, как

уже говорилось, без качественной подготовки кадров невозможно развивать отечественную электронную промышленность.

Я считаю верным решение организовать именно такой кампус, который будет центром подготовки кадров для отрасли, потому что создавать множество небольших точечных учебных заведений, на мой взгляд, менее выигрышно. В таком едином центре можно будет пройти обучение, набраться опыта, а затем найти интересную и высокооплачиваемую работу не только в Марий Эл, но и в других областях и республиках Поволжья.

Пользуетесь ли вы мерами поддержки от государства? Какие дополнительные меры, по вашему мнению, нужны сейчас?

Да, конечно, мы пользуемся государственной поддержкой. Так, мы недавно приобрели оборудование с использованием субсидии по постановлению Правительства РФ от 20 октября 2022 года № 1867. Это помогло устранить основные «болевы точки» в технологическом оснащении предприятия и придало серьезный импульс нашему развитию.

Что касается пожеланий по дополнительным мерам, думаю, одной из основных проблем для нас остается то, что сроки контрактов с заказчиками не позволяют нам осуществлять долгосрочное планирование. В основном контракты заключаются на год. А для того чтобы развивать производство, внедрять перспективные технологии, в нашей отрасли необходим горизонт планирования в десять-пятнадцать лет.

Надеюсь, что в ближайшее время мы увидим программы, которые будут рассчитаны на подобные сроки. Ведь задача по обеспечению технологической независимости в области микроэлектроники – крайне масштабная, стратегическая, и для того чтобы ее решить, нужно смотреть далеко вперед.

Мы со своей стороны стремимся выстраивать долгосрочные отношения с потребителями, чему, в частности, должно помочь наше участие в Консорциуме «Пассивные электронные компоненты», к которому мы присоединились в апреле этого года. И конечно, мы прикладываем все усилия к тому, чтобы обеспечивать качественной востребованной продукцией предприятия отрасли как в ближней, так и в более далекой перспективе. Этим и определяются наши основные приоритеты – расширение спектра решений, развитие и модернизация производства и, конечно, подготовка новых высококвалифицированных кадров.

Спасибо за интересный рассказ.

С. А. К. Нарбуттом беседовал Ю. С. Ковалевский



ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

ЭЛЕМЕНТ

Металлокерамические корпуса (МКК) для интегральных микросхем



Единственное в России серийное производство многвыводных МКК (свыше 200 выводов)



Освоены в производстве все существующие типы МКК



Полный производственный цикл: контроль изготовления на всех этапах производства



Комплексная разработка новых изделий, собственное опытное производство



Развитая техническая база инструментального производства: изготовление контактирующих устройств и сложной оснастки

Акционерное общество
«Завод полупроводниковых приборов»
Россия, 424003, Республика Марий Эл
г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
тел: +7 (8362) 45-70-09, e-mail: info@zpp12.ru



zpp12.ru