

Виктор Черных  
Сергей Чигиринский  
micro@ostec-group.ru

## Направления развития изделий из специальной керамики для производства электронной техники в России

Практически на каждом семинаре, конференции или выставке нам задают вопрос: «Технология совместно спекаемой многослойной керамики – это что-то принципиально новое?». Ответ прост. Эта технология была одним из стратегических направлений развития нашей электронной промышленности, начиная с 70-х годов прошлого века, но с распадом СССР как и большинство подобных направлений пришла в упадок. При этом за рубежом данная технология непрерывно развивалась и совершенствовалась. На сегодняшний день номенклатура продуктов и применений компонентов, полученных по технологии совместно спекаемой многослойной керамики (LTCC, HTCC, MLCC, MLCI и т.д.), исчисляется тысячами. Это обусловлено тем, что помимо физико-механических характеристик самой керамики важным преимуществом данных компонентов является гибкость их проектирования, относительная простота производства и снижение массо-габаритных параметров конечного продукта при высокой функциональности. Представленная ниже историческая справка объясняет реальную ситуацию в нашей стране и позволяет понять, насколько данное направление важно для высокотехнологичной отрасли России в целом.

Специальная керамика как конструкционный материал в электровакuumном приборостроении применяется более 70 лет. Вначале керамические детали использовались в электронных приборах лишь как внутривламповые детали, служившие для электрической изоляции электродов и механического крепления арматуры.

Серьезное внимание на керамику как на вакуумно-плотный высокочастотный диэлектрик было обращено лишь с развитием электронных приборов сверхвысоких частот (приборов СВЧ), в частности при создании триодов сантиметрового и дециметрового диапазона длин волн. Керамика привлекла внимание конструкторов приборов тем, что по сравнению со стеклом – традиционным диэлектриком электровакuumного приборостроения она могла обеспечить более жесткое и точное закрепление электродов, уменьшить потери СВЧ энергии в отдельных

элементах и повысить термостойкость приборов как в процессе их изготовления, так и при эксплуатации.

Дальнейшее развитие и широкое применение вакуумно-плотной керамики было связано с разработкой мощных генераторных и усилительных приборов СВЧ, а также в конструкциях корпусов для монтажа и защиты от внешних воздействующих факторов кристаллов интегральных схем (ИС) и полупроводниковых приборов (ПП), получивших бурное развитие в 60-е годы прошлого столетия.

В середине 60-х, начале 70-х годов прошлого века для обеспечения потребностей предприятий в интегральных схемах (ИС) и печатных платах (ПП) специального назначения были приняты Постановления Правительства СССР о развитии производств металлокерамических корпусов (МКК) на Йошкар-Олинском заводе полупроводниковых приборов (ЗПП) и Донском

заводе радиодеталей (ДЗРД, г. Донской Тульской области).

При этом направления развития были следующими:

- для ЗПП приобретен комплект оборудования и технология производства 16-24 выводных металлокерамических корпусов 4-го типа, герметизируемых пайкой, ф. «KYOCERA», Япония, производственной мощностью 50-60 млн.шт. в год;
- на ДЗРД на основе керамического производств изоляторов, подложек, плат керамических индикаторов и т.п., запущенных в 1963 году, под руководством специалистов предприятий города Зеленограда в 1972-1975 г.г. создана технологическая цепочка по производству МКК 2-го и 4-го типов с количеством выводов до 48 (рис.1, 2)<sup>а</sup>.

Для обеспечения производства изделий и проведения перспективных работ по наращиванию производственных мощностей был развернут комплекс работ на предприятиях МЭП СССР:

- по разработке различных базовых конструкций МКК, многослойных керамических коммутационных плат и отечественной технологии их изготовления;
- по разработке и производству прецизионных сплавов и лент, применяемых в производстве МКК;
- по разработке и изготовлению отечественного спецтехнологического оборудования – аналогов ф. «KYOCERA»;
- по воспроизводству спецтехнологического оборудования ф. «KYOCERA» для производства МКК, закупленного для ЗПП;
- по разработке и производству автоматизированных линий гальванических покрытий, автоматических линий сборки узлов МКК;
- по воспроизводству огнеприпаса ф. «KYOCERA» для обжига керамических плат и обеспечения им обжигового оборудования ЗПП, ДЗРД;
- по разработке и изготовлению высо-

коточных штампов для выводных рамок МКК, изготовлению самих выводных рамок в количествах до 2000 млн.шт. в год (с учетом 14 выводных металлостеклянных корпусов);

- по воспроизводству подложки, используемой в качестве носителя керамической пленки при ее литье;
- по разработке перспективных технологий, материалов и конструкций МКК;
- по запуску отечественного оборудования по литью керамической пленки, обжигу плат, сборке и финишным гальванопокрытиям МКК на основе технологии ДЗРД на смежных предприятиях отрасли (Кузнецкий завод полупроводников и ферритов, завод «Феррокерам», г. Белая Церковь, Украина).

В результате проведения работ в рамках развития корпусных предприятий МЭП, к концу 1980-х годов общие мощности по производству МКК составляли более 300 млн.шт. в год!!!

ДЗРД совместно с предприятиями г. Зеленограда были проведены разработки многослойных керамических плат размером более 100x100 мм для монтажа на них безвыводных, матричных ИС в МКК, а также совместно с ПО «Интеграл», г. Минск, разработан ряд стеклокерамических корпусов (СКК) с количеством выводов от 14 до 48 2-го и 4-го типов. Данные корпуса успешно прошли предварительные испытания по программе Генерального заказчика в качестве альтернативы массовым сериям МКК. Серийно выпускались наиболее массовые 14-40 выводные СКК 2-го и 4-го типов (более 10 млн.шт. в год)<sup>б</sup>.

В начале 1990-х годов все предприятия подверглись глубокой, почти 90% конверсии, в результате которой на рынке производителей МКК остались только два серийных заводов-изготовителей МКК – предприятия ЗПП и ДЗРД с объемами производства соответственно около 6 млн.шт. и 3,5 млн.шт. МКК в год. Демонтированное оборудование за-



Рис. 1 МКК 2-го типа ЗПП

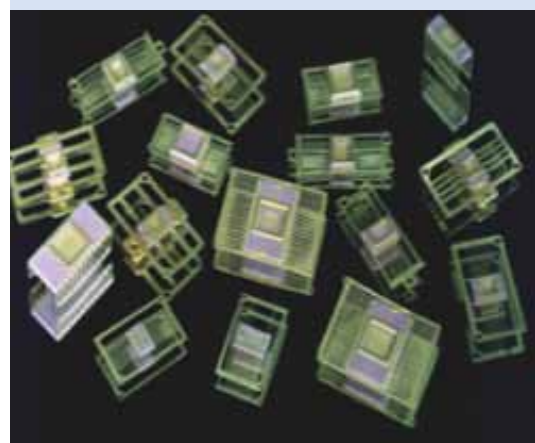


Рис. 2 МКК ДЗРД

<sup>а</sup> Чернышов А.А., Тюхин А.А. Конструктивные особенности и тенденции развития номенклатуры корпусов БИС и СБИС-В сборнике материалов научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сборочного оборудования», Минск, 1991, с. 14-16

<sup>б</sup> А.И. Бутирлин, С.А. Крутовцев, В.А. Черных, А.А. Чернышов. Конструктивно-технологические направления в развитии корпусов интегральных микросхем. Матричные корпуса интегральных микросхем. Электронная промышленность, 1987, вып. 8 (166), с 24-28

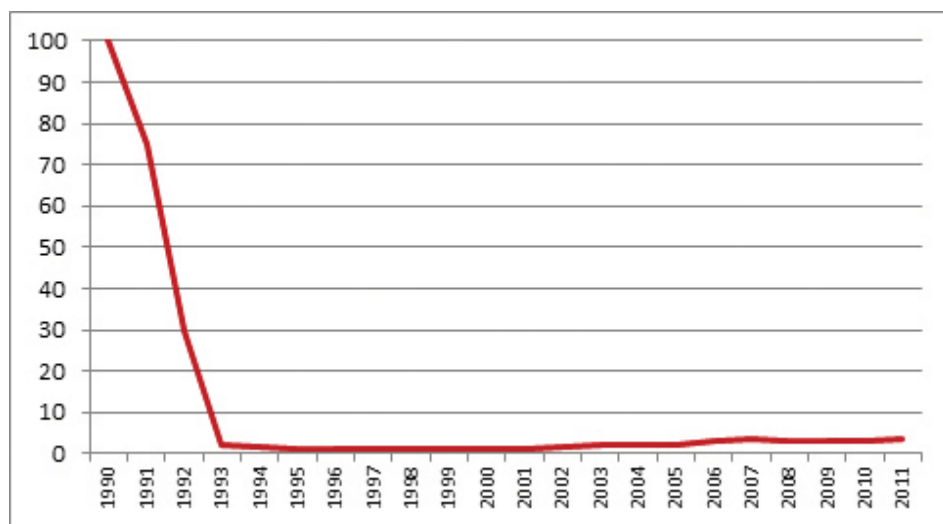


Рис. 3 Объемы производства МКМ с 1990 по 2011 гг. (%)

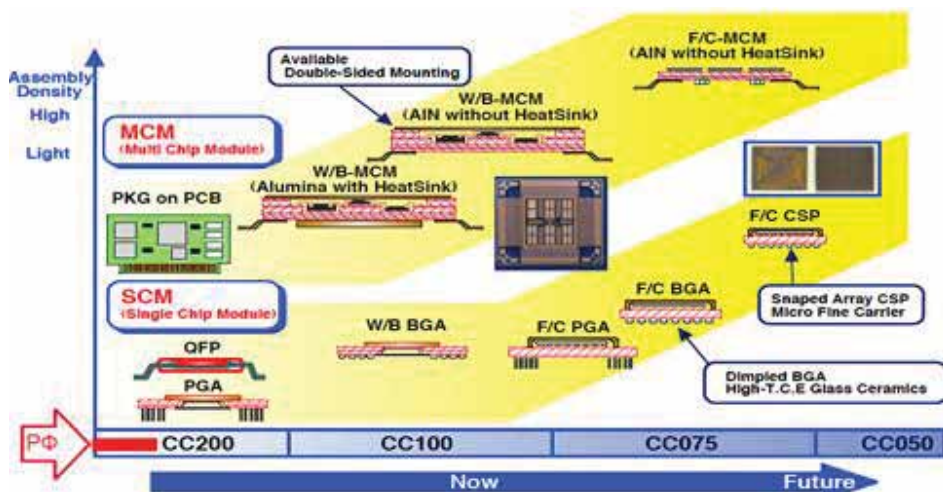


Рис. 4 Развитие элементной базы для РЭА (CC200÷CC050 – нормы проектирования, мкм)

заводов «Феррокерам» и КЗПиФ по производству МКМ закуплено и запущено заводом «Марс», г. Торжок, для производства массовых серий 16 выводных МКМ (рис. 3).

Практически всё технологическое оборудование на начало 2000-ых годов изношено на 100%. Новое спецтехнологическое оборудование ни одним из предприятий до последнего времени не приобреталось. Численность ППП упала более чем в 50 раз, средний возраст работающих составляет около 50 лет<sup>6</sup>.

Отметив своё 70-летие, завод полупроводниковых приборов в Йошкар-Оле начал возрождаться. За последние два года здесь было закуплено оборудование и произведён ремонт производственных помещений. Недавно приобретённое оборудование компании КЕКО (Словения) в разы позволит улучшить качество керамических плат. Разработано и внедрено в серийное производство

более 700 различных видов корпусов из металлокерамики для интегральных схем.

В настоящее время на ЗПП серийно выпускаются:

- корпуса для ИС типа DIP, CFP, LLCC, PGA, LCC с количеством выводов от 4 до 600;
- основания типа DIP;
- оптоэлектронные корпуса-держатели керамические индикаторные;
- платы металлокерамические нагревательные.

С некоторым отставанием начато перевооружение производства МКМ на ДЗРД, которому в 2013 году исполнится 50 лет.

Проводимые заводами мероприятия по переоснащению производства направлены, в первую очередь, на повышение качества текущей серийно выпу-

скаемой продукции, занимающей около 90% в их объемах производства.

Требуемые потребителю новые конструктивы из-за их незначительных объемов выпуска при разработке и освоении на серийных предприятиях сталкиваются со значительными экономическими трудностями, свойственными мелкосерийному производству, действующая в отрасли НТД на проведение ОКР требует до 1,5-2 лет от начала разработки до утверждения ТУ на изделие.

Однако ряд остро востребованной продукции данные предприятия не могут производить из-за технологических ограничений используемого в настоящее время оборудования (технологическая точность не больше ±150 мкм), что вынуждает потребителей использовать, со всевозможными ограничениями, корпуса и подложки производства заводов Японии, США, стран ЕС. В России есть дизайн-центры, которые имеют возможность проектирования подобных компонентов, но их количество крайне ограничено, собственная производственная база либо отсутствует, либо не отвечает современным требованиям и, что самое главное, опыт внедрения конструктивов в производство фактически нулевой. Исключениями являются несколько предприятий, которые имеют современную производственную базу и опыт в серийном производстве компонентов на основе керамики – ФГУП «РНИИРС» (Ростов-на-Дону), ОАО «НПП «ТЭЗ» (Томилино), ХК «НЭВЗ Союз» (Новосибирск), НПП «Старт» (Великий Новгород).

Наибольшую актуальность для отрасли имеет перевод РЭА на использование новой архитектуры построения – применение законченных функционально-аппаратных узлов и устройств с целью максимальной интеграции конечного продукта (конструктивы типа ГИС, МКМ) (рис. 4).

В связи с ростом требований к конечным продуктам и их востребованностью во всем мире повышаются интерес и требования к специализированному высокоточному технологическому оборудованию по обработке сырых (необожженных) керамических структур. При использовании выпускающихся в настоящее время новых керамических

<sup>6</sup> Материалы Всероссийских конференций «Силовая электроника», Москва, 2008-2010г.г.



материалов (низкотемпературной керамики с температурой обжига менее 1000°C), новых проводниковых паст на основе Ag, Au, низкоомных и высокоомных резистивных паст, вжигаемых одновременно при спекании изделия (LTCC технология), можно не только модернизировать существующие конструкции ГИС, снизить себестоимость изготовления и сроки разработки, но и внедрить новые изделия класса ГИС. Учитывая крайне высокие показатели новых керамических материалов в СВЧ диапазонах (на частотах до 80-110 ГГц), появляется возможность не только значительно увеличить быстродействие ранее созданной элементной базы, но и создать новые классы изделий для СВЧ приложений, отличающиеся высокой надежностью, минимальными массо-габаритными характеристиками (рис. 5).

Согласно вышепредставленной исторической справке возникает вопрос: если отечественная отрасль потребляла 300 млн. компонентов в год, и производство многослойной керамики было стратегическим направлением в СССР, то каковы перспективы данной темы на сегодняшний день в России? Необходимо добавить, что по всему миру количество производств различной мощности (от штучного до массового производства) по представленной теме стабильно растёт согласно «дорожным картам» от Fraunhofer IKTС (Германия), IMAPS – International Microelectronics and Packaging Society (США), Engineering and Physical Sciences Research Council (Великобритания), THE PRISMARК WIRELESS TECHNOLOGY (США) и др., а также данным от лидера по производству оборудования для производства многослойной керамики компании KEKO Equipment (Словения)<sup>d e f</sup>.

Приняв во внимание данные факты, можно сделать очевидные выводы:

1. при нынешнем, хоть и не столь интенсивном, росте российского производства в электронной промышленности дальнейший рост без технологий многослойной керамики невозможен;

2. отечественный рынок нуждается как в серийном производстве современных компонентов (рис. 6), так и в предприятиях, которые готовы разрабатывать и выпускать широкую номенклатуру ГИС частного применения.

При дальнейшем оснащении и повышении качества конечных продуктов заводы ОАО «ЗПП» и ОАО «ДЗРД» могут обеспечить массовое производство наиболее востребованных на отечественных производствах корпусов (высокотемпературная керамика – НТСС). Тем не менее, развитие предприятий по разработке и производству корпусов частного применения и ГИС на основе низкотемпературной керамики (LTCC), которая позволяет использовать металлизационные пасты на основе серебра и золота, для России пока является пока открытой темой. ЗАО Предприятие Остек совместно с зарубежными партнёрами реализовало ряд проектов по организации подобных производств на территории России как под массовое, так и под мелкосерийное производство, начиная от обучения конструкторов основам дизайна до поставки и запуска оборудования с отработкой технологических процессов под конкретный продукт. Так, на ЗАО «НЭВЗ-Керамикс» (Новосибирск) в 2011 году была запущена линия по производству керамических корпусов под высокоэффективные светодиоды.

В связи с тем, что задачи по снижению массогабаритных характеристик, повышению функционала и получению продуктов повышенной надёжности особенно для устройств спецприменения стоят практически на каждом предприятии, то и количество подобных производств должно исчисляться десятками. При этом в данной статье не рассмотрены такие керамические продукты, как DBC (direct bonded copper – керамика, спечённая с медной фольгой), топливные элементы, многослойные керамические конденсаторы, пьезокерамические компоненты и т.д. Таким образом, керамика и связанные с ней технологии в целом являются крайне перспективным направлением.

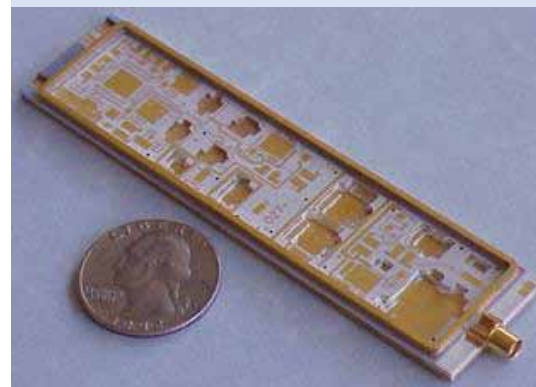


Рис. 5 Пример ГИС СВЧ-диапазона (30 ГГц) изготовленной по LTCC технологии на керамике производства FERRO, США

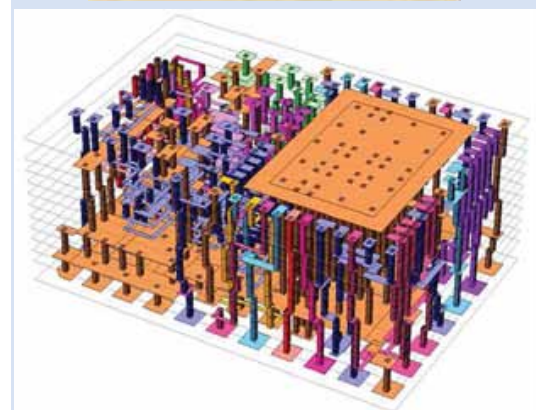
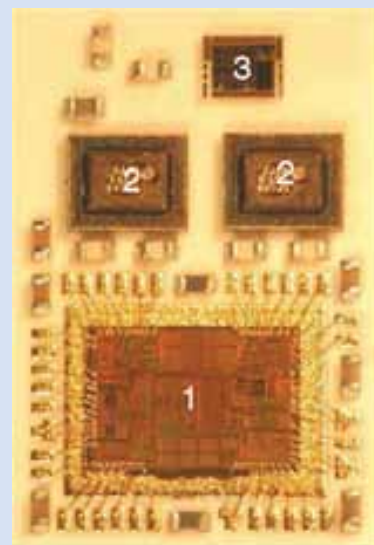


Рис. 6 Пример серийно выпускаемого EPCOS/INFINEON широкополосного устройства GSM/EDGE передатчик/фильтр/переключающий модуль (Prismark/Binghamton University): общий вид (слева) и 3-D модель данного модуля (справа)<sup>g</sup> [5]

<sup>d</sup> <http://www.imaps.org/Initiatives/index.htm>

<sup>e</sup> <http://www.epcos.com>

<sup>f</sup> <http://www.keko-equipment.com>

<sup>g</sup> <http://nevz-ceramics.n4.biz>