

СпецЭлектронСистемы

научно-производственный центр

АО НПЦ СпецЭлектронСистемы
Москва, Волгоградский проспект, 42, к. 5

Тел./факс: +7 (495) 663-21-65
info@npc-ses.ru
www.npc-ses.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ

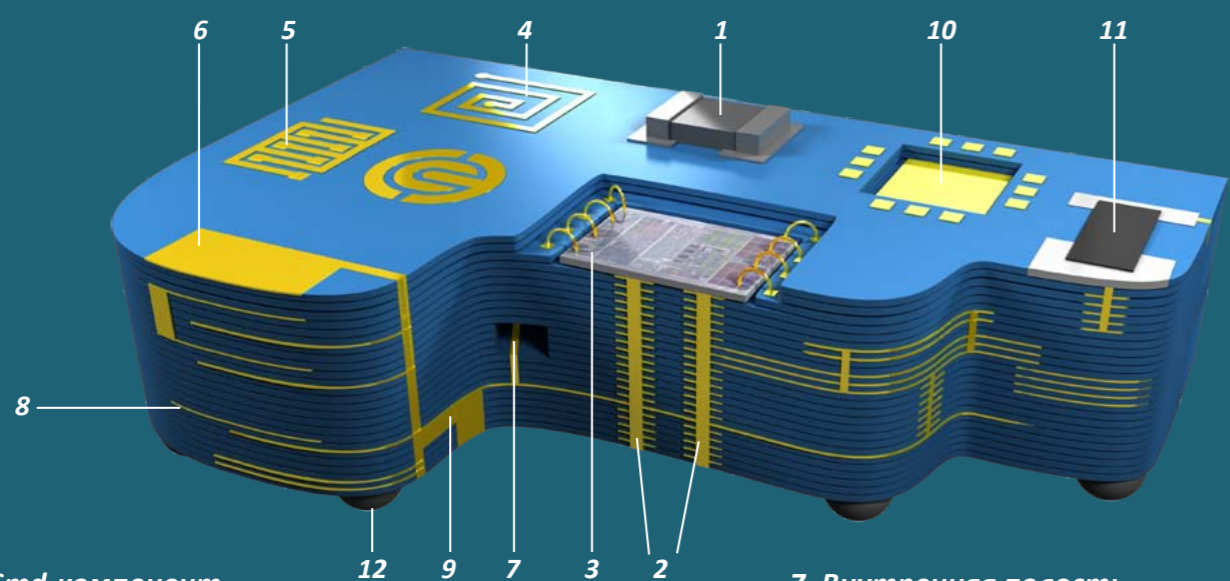
СпецЭлектронСистемы
научно-производственный центр



Микромодули на КНТО

С учетом факторов, определяющих вес, габариты и время наработки на отказ электронных изделий, в таких направлениях электроники, как бортовые СВЧ-устройства, программно-определяемые радиосистемы, микроэлектромеханические МЭМС-системы, оптические сенсоры и преобразователи, достичь приемлемых параметров, особенно для тяжелых условий эксплуатации, без применения 3D-интеграции невозможно. Наряду с производством традиционных плоских 2D-структур на керамических и полимерных материалах, НПЦ СЭС оснащен технологиями производства 3D интегрированных подложек из керамики низкотемпературного обжига КНТО (Low Temperature Co-fired Ceramic LTCC). НПЦ СЭС обладает полным технологическим циклом изготовления микромодулей на многослойной (до 60 слоев) керамике с предельными габаритами 160×160 и толщиной до 12 мм.

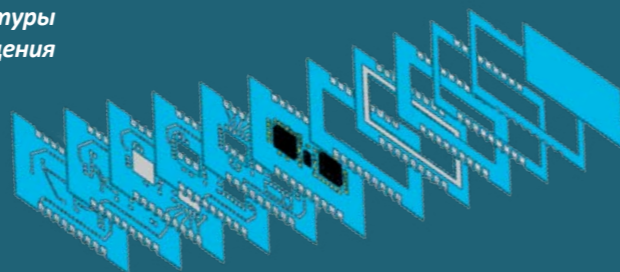
3D-интеграция на КНТО



1. Smd-компонент
2. Теплостоки
3. Кремниевый кристалл
4. Плоская индуктивность
5. Плоский конденсатор
6. Объемный конденсатор
7. Внутренняя полость
8. Внутренний проводник
9. Печать на торцевой поверхности
10. Колодец под кристалл
11. Печатный резистор
12. Внешний вывод

Модель многокристального специализированного корпуса

На рисунке слева изображена модель внутренней структуры многослойного специализированного 3D-корпуса для размещения трех функциональных бескорпусных элементов.



ПРЕИМУЩЕСТВА РЕАЛИЗАЦИИ МИКРОМОДУЛЯ В 3D-ИСПОЛНЕНИИ:

- Уменьшение массовогабаритных характеристик изделия
- Отсутствие необходимости согласования бескорпусных компонентов с подложкой
- Преодоление конструктивных ограничений по параметру напряжения изоляции, связанных с пробоем на металлическую крышку корпуса
- Уменьшение паразитных связей за счет трехмерного (3D) исполнения микросборки в едином корпусе
- Оптимизация длины проволочных соединений за счет монтажа кристаллов в колодцы

Производство НПЦ СЭС

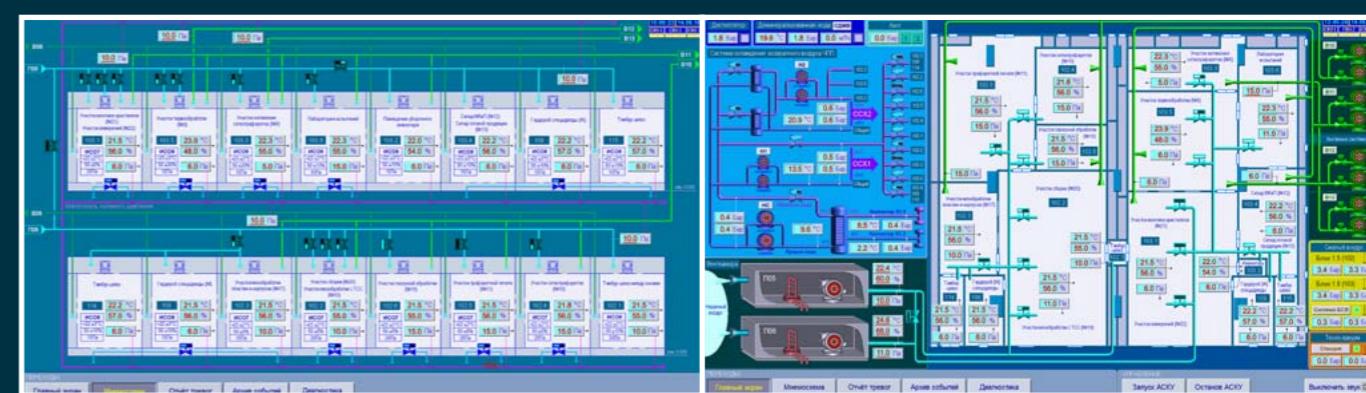
Производство НПЦ СЭС располагается на территории особой экономической зоны «Технополис Москва», кластер микроэлектроники.

Технологическими участками занято 1000 кв. м «чистых помещений», 700 кв. м из которых имеют чистоту класса 7 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002.

Помимо чистоты воздуха важным фактором обеспечения качества микроэлектронной продукции является поддержание параметров микроклимата по температуре, влажности и градиенту их изменений. Для управления заслонками, вентиляторами, подачей в технологические установки азота, благородных газов, воды, хладагента и т.п. спроектирована собственная специализированная АСУ со своей SCADA-визуализацией и документированием контролируемых параметров.

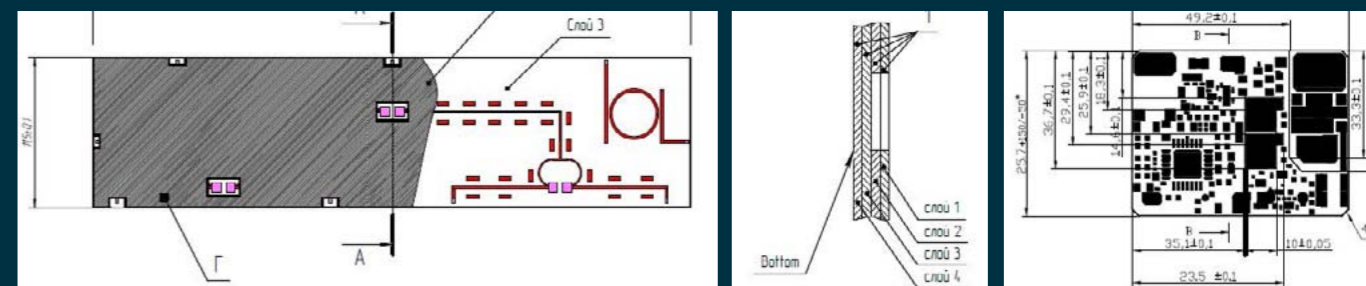
Для обжига и нормализации керамических заготовок требуется обеспечение температурных профилей в течение длительного (более 50 часов) времени. Система энергоснабжения НПЦ СЭС оснащена источником бесперебойного питания мощностью 0,9 МВт, способным исключить досадные неожиданности.

В НПЦ СЭС развернута система видеонаблюдения-видеорегистрации. Все передвижения по территории и отдельным производственным участкам контролируются автоматизированной системой доступа. Система менеджмента качества предусматривает контроль и документирование каждой технологической операции.



Конструкторско-технологическая подготовка

В НПЦ СЭС работает команда квалифицированных инженеров, которые обладают необходимыми компетенциями и опытом работы на современном оборудовании. Инженерный центр принимает исходную КД в любых САД-форматах и совместно с заказчиком детализирует требования к будущей продукции. Практикуется совместное изготовление макетов и пробных партий для предварительных функциональных испытаний новой техники.



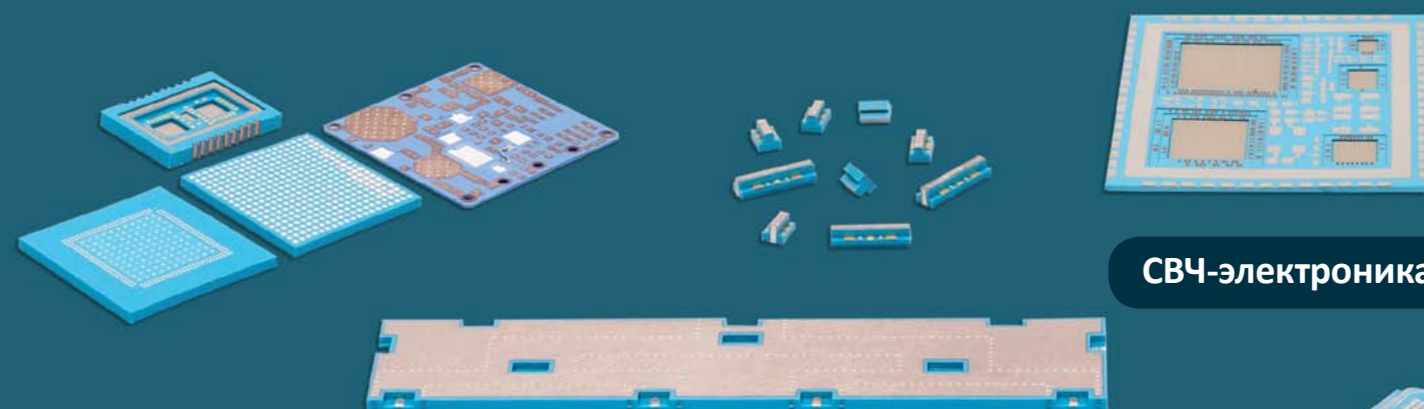
Преимущества толстопленочной технологии на керамике низкотемпературного обжига КНТО

3D-интеграция	Перенос пассивных элементов — конденсаторов, индуктивностей, СВЧ-линий, резисторов — во внутренние слои подложки; высокие значения диэлектрической постоянной $\epsilon 6,5 \div 7,8$ кратно снижают линейные размеры и позволяют реализовать «трехмерный» дизайн СВЧ-модулей.
СВЧ-применение	Рабочие частоты до 120 ГГц, высокая добротность $tg \delta 0,001 \div 0,003$; материал КНТО представляет собой «монолит», который сохраняет свойства во всем объеме, обеспечивает хорошую повторяемость при серийном производстве, а при моделировании СВЧ-элементов возникает меньше сложностей с учетом многочисленных границ раздела сред; в одном модуле реализуются приемопередающие устройства вместе со сложными управляемыми антеннами.
Подходит для применения в «жестких» условиях	КНТО способна длительно функционировать при рабочих температурах до 350 °С; температурный коэффициент $3,3 \div 3,9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ приближен к ТКР кремния; повышенная устойчивость к вибрации и однократным ударам; модуль продольной упругости 120÷145 ГПа; прочность на изгиб 230÷320 МПа; коэффициент поперечного сжатия 0,24÷0,25; практически отсутствует водопоглощение, стабильно сохраняет диэлектрические и СВЧ-параметры.
Конструктивные преимущества	Возможность создания проводников с малым удельным сопротивлением 3–5 мОм/кВ — используются Ag-, Au-пасты вместо W, Mo. Полупроводниковые кристаллы непосредственно устанавливаются на подложку; теплопроводность КНТО 3,3÷4,6 Вт/м·К на порядок выше, чем у полимеров; есть возможность увеличить теплопроводность устройством локальных теплостоков. Напряжение пробоя КНТО >40 кВ/мм; возможность создания внутренних полостей, в том числе полностью металлизированных и замкнутых, позволяет реализовывать полупроводниковые и МЭМС-датчики и преобразователи, каналы жидкостного охлаждения. Возможность герметизации активных участков радио- и светопрозрачными материалами — кварцевым стеклом, монокристаллами полупроводников, самим материалом КНТО — позволяет реализовывать СВЧ-, оптические и ИК-детекторы.
Экономичность	По сравнению с обычной Al_2O_3 -керамикой количество циклов обжига уменьшается в 2-3 раза при температуре меньше 850 °С; нет операций активации проводящего W-, Mo-основания и наращивания Au- или Ni-слоев; малое (≤ 35 мкм) коробление подложки, использование системы паст позволяет герметизировать модули КНТО как с использованием традиционных способов, так и без использования коваровых рамок и крышек, возможности автоматизированного межоперационного контроля позволяют достигать 80% и более выхода годных.
Экологичность	По сравнению с традиционными печатными платами на органических диэлектриках в КНТО нет «мокрых» химических процессов и вредных выбросов.

Решения, реализуемые на LTCC-керамике

Силовая электроника

Многokrystalльные микросборки



СВЧ-электроника

Корпуса для упаковки МЭМС и сенсоров



Криволинейные структуры

Переходные платы (interposers)

Сферы применения изделий на LTCC-керамике



Изготовление сетчатых трафаретов

Натяжение сеток

Сетчатые трафареты изготавливаются как на сетках из высококачественной нержавеющей стали, так и на недорогих полиэстеровых ситах. Усилие натяжения 32–35 Н выставляется по заданной программе и контролируется датчиком натяжения с адаптивной обратной связью. Достигается равномерная натяжка, исключаются искажения по всей рабочей площади 1000 × 1000 мм. Трафареты имеют максимальный размер рабочего поля 8" × 8" дюймов, разрешение по топологии 100 × 100 мкм с допустимым отклонением ±5 мкм. Установка натяжения работает по отлаженным программам с последующим протоколированием всех выполняемых операций. Правильно изготовленный трафарет — основа высокой повторяемости параметров техпроцесса.

Трафареты для изготовления многослойных КНТО-модулей должны обеспечивать интегральную точность совпадения в вертикальной проекции линий и контактных площадок на 60 слоях керамических карт, спрессованных друг над другом. Исходными данными для заказа трафаретов являются Gerber-файлы, выведенные из проектов, созданных в любых САД-пакетах. При необходимости наши инженеры помогут сделать правильный вывод Gerber-файлов из программ САПР.

Максимальная рабочая площадь	1000 × 1000 мм
Максимальное рабочее поле трафарета	205 × 205 мм
Контроль натяжения с обратной связью	да
Максимальное усилие натяжения	35 Н
Типы сеток	Нержавеющая сталь, полиэстер
Равномерность натяжения	±5% от верхнего предела усилия
Макс. размер трафаретных рам	650 × 850 мм
Макс. поле трафарета	205 × 205 мм
Разрешение по топологии проводник/зазор	100 × 100 мкм
Точность топологии	±5 мкм



Изготовление сетчатых трафаретов

Экспонирование и сушка

Исходя из решаемых задач может использоваться как жидкий, так и сухой пленочный фоторезист. При экспонировании учитывается световой поток, фактически поданный на фоточувствительный слой. Достигается высокая точность засветки вне зависимости от состояния и степени износа установленного источника ультрафиолета.

Оптически чистое стекло копировальной рамы обеспечивает 100%-е пропускание УФ-излучения, вакуумная антистатическая резина копировальной рамы, вакуумметр на пульте управления позволяют контролировать прижим фотошаблона. Есть возможность сушки трафаретных рам в «теплом» и «холодном» режимах. После сушки готовые трафареты инспектируются на оптической установке. Параметры каждого трафарета измеряются и протоколируются.

Макс. размер трафаретных рам	650 × 850 мм
Мощность лампы засветки	4,0 кВт
Расстояние экспонирования	1,2 м
Контроль времени экспонирования	до 600 с
Интегратор светового потока	да
Максимальная мощность нагрева	1,2 кВт
Принудительная вентиляция	да
Фильтр вентилятора	да
Переключатель холод/тепло	да
Емкость сушильного шкафа	5 трафаретных рам



Изготовление 3D керамических модулей

Пробивка отверстий в керамических картах

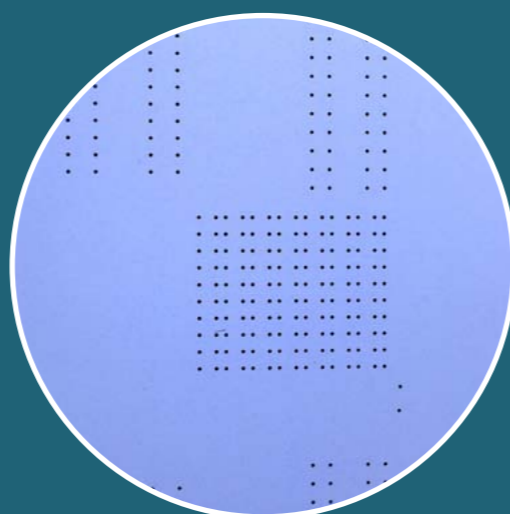
На пробивном прессе одновременно устанавливаются восемь типоразмеров пуансонов для пробивки керамических листов с размерами 5", 6" и 8" дюймов. Средняя скорость пробивки — 3–6 отверстий в секунду. Путем комбинации пуансонов пробиваются линии любой сложности. Система оптической инспекции обработанного листа осуществляет автоматическую разбраковку по лоткам на «годный — негодный». Загрузка-выгрузка материала осуществляется в автоматизированном режиме.

Максимальная скорость пробивки	для \varnothing 1 мм 8–10 отверстий/с при шаге 1 мм
Макс. область пробивки	200 × 200 мм
Макс. толщина листа	до 500 мкм
Пуансоны круглые	\varnothing 110, 150, 200, 250, 300, 500, 1000 мкм
Пуансоны квадратные	□ 1, 2, 5 мм
Контроль состояния инструмента	автоматический
Точность позиционирования	±5 мкм



Доступны различные системы загрузки карт:

- Ручная загрузка/выгрузка листов
- Автоматическая загрузка/выгрузка из кассеты в кассету
- Керамические листы автоматически вырезаются из рулона и после пробивки выгружаются в кассету



Изготовление 3D керамических модулей

Заполнение глубоких отверстий проводящими пастами

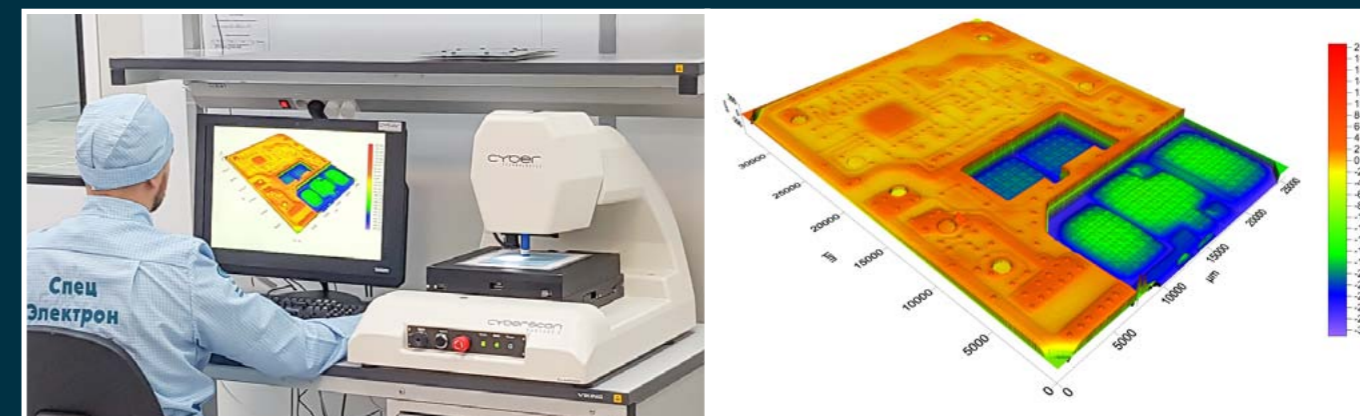


Заполняются отверстия при соотношении $h/\varnothing \gg 2$ Контроль вязкости проводящих паст

Оперативный контроль нанесенной топологии

Отпечатанные листы подвергаются оперативному контролю параметров проводящего слоя. Процесс контроля может производиться вручную и в полуавтоматическом режиме. Создаются цветные трехмерные образы объемных структур. Изображения и цифровые значения измеряемых параметров протоколируются.

Макс. размер измеряемой поверхности	305 × 305 мм
Макс. вес измеряемой подложки	6,8 кг
Макс. перемещение головки автоматическое по осям X и Y	200 × 200 мм
Разрешение по осям X и Y	1 мкм
Макс. перемещение головки автоматическое по оси Z	40 мм
Разрешение по оси Z	0,2 мкм



Изготовление 3D керамических модулей

Трафаретная печать

Нанесение проводящих дорожек и пассивных элементов производится на трафаретных принтерах, позволяющих работать с материалами типоразмеров 5", 6" или 8" дюймов в ручном и автоматическом режимах. Ход ракеля управляется по выбранной программе. Для точного позиционирования листов по оптическим меткам используется функция машинного зрения.

Организована быстрая смена и настройка трафарета. Стол управляется джойстиком, все параметры печати задаются через сенсорный экран. Реализована возможность нанесения топологии на боковые внешние и внутренние поверхности заготовок, выполняется металлизация отверстий по вертикальной поверхности от \varnothing 0,5 мм и более.

Макс. область печати	210×210 мм
Скорость ракеля	0–350 мм/с
Усилие ракеля	0–250 Н
Точность	±5 мкм
Стандартный размер трафарета	450 × 450 × 25 мм
Макс. размер трафарета	550 × 550 × 25 мм
Заполнение переходных отверстий	есть
Рамка для натяжения трафарета и фиксации	есть
Крепление подложки	вакуум
Сушка	есть
Антистатические очистки подложки	есть
Автоматическая подача пасты	есть



Изготовление 3D керамических модулей

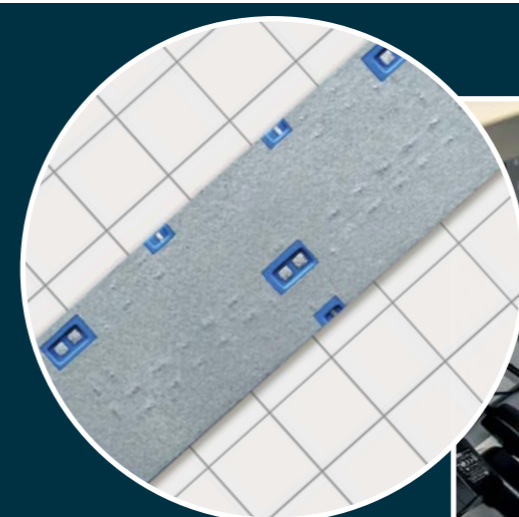
Межоперационный контроль

На всех технологических этапах, обеспечивающих создание топологии, проводится межоперационный контроль. Рабочие места контролеров оснащены аттестованными стереоскопическими измерительными микроскопами.

Увеличение, крат в пределах	×4 ÷ ×100
Линейное поле зрения, в пределах	39÷2,4 мм
Рабочее расстояние, не менее	95 мм
Источник света, галогенная лампа	20 Вт



Трехмерное изображение, дающее четкое представление о вертикальных размерах



- Увеличение от 2 до 20 крат
- Большое рабочее расстояние при большом поле зрения
- Встроенная цветная цифровая HD-камера

Изготовление 3D керамических модулей

Сборка пакетов

Необожженные керамические листы (карты) с типоразмерами 5", 6", 8" дюймов собираются в пакеты толщиной до 60 слоев с точностью совмещения ± 5 мкм.

Реализованы функции отделения майларовой подложки от керамики при загрузке листа как топологией вверх, так и топологией вниз. Есть возможность собирать пакеты как из отдельных листов, так и из ранее подготовленных субпакетов без потери точности. В ряде случаев собранный пакет можно заламинировать (превратить в монолит) на встроенном в установку сборки одноосном гидрокессе, исключив операцию изостатического ламинирования.



Изостатическое ламинирование

Обеспечивается полностью равномерное давление по всей поверхности керамического стекла. Материалы одного листа взаимно диффундируют в материал другого, а собранный пакет приобретает изотропную структуру. Изостатическое ламинирование производится в резервуаре с деионизированной водой, на которую производится давление. «Сырые» керамические заготовки герметизируются в пластиковые пакеты, а затем устанавливаются в кассету. Керамические заготовки прессуются в соответствии с программой, выбранной оператором.

Разделение керамических заготовок

Необожженный керамический пакет разделяется на ортогональные заготовки с размерами от 1 × 1 и толщиной до 12 мм.

Для точного автоматического позиционирования по оптическим меткам используется функция машинного зрения. Размер керамических заготовок – до 254 × 254 мм; лезвия – из нержавеющей стали или твердосплавного карбида; температура рабочего столика – макс. 80 °С; температура режущего лезвия – макс. 150 °С; точность шага – 0,01 мм.



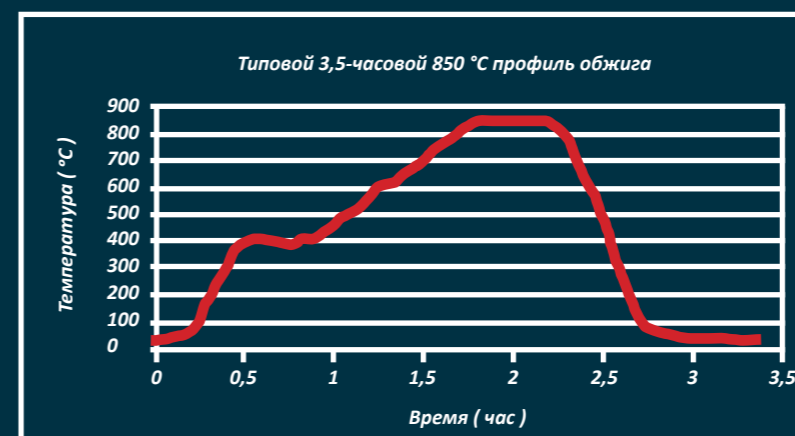
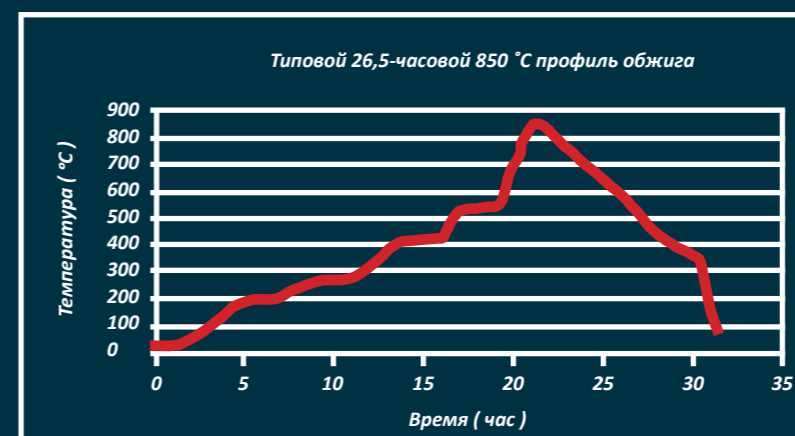
Изготовление 3D керамических модулей

Термообработка

Обжиг (спекание) ламинированных керамических заготовок производится на конвейерных печах в атмосферной среде с типовыми температурами 850–900 °С и циклом обжига от 30 до 1600 минут. Кроме обжига, на участке производится вакуумная пайка при температуре до 1000 °С в парах муравьиной кислоты, в азоте, в расщепленной аммиачной среде, аргоне или гелии. Установка пайки имеет функцию полуавтоматической очистки после пайки с флюсом для перехода на пайку без флюса. Есть возможность проводить селективную пайку дискретных SMD-компонентов на печи с программируемым температурным профилем как в воздухе, так и в среде азота, что позволяет обеспечить более высокое качество паяных соединений.



Для сборки высоконадежных компонентов производится бесфлюсовая пайка с прецизионным контролем температуры в атмосфере инертного газа от уровня вакуума ниже 50 мторр до давления в 4,5 бар.



Сборочное производство

Монтаж SMD-компонентов

SMD-компоненты монтируются с помощью полуавтоматического установщика под увеличивающей оптикой профилируемыми трехканальными паяльными станциями. Установщик выполняет также функцию протоколирования.

<i>Макс. размер монтируемой платы</i>	297 × 420 мм
<i>Мин. размер монтируемых SMD-компонентов</i>	0201
<i>Мин. размер капли дозатора</i>	0,2 мкл
<i>Количество ячеек на вращающейся кассе</i>	160
<i>Количество ленточных питателей</i>	6
<i>Определение координат установки</i>	вручную по телеоптике
<i>Захват и ориентирование компонента</i>	полуавтомат



Сборочное производство

Функциональный электрический контроль

Собранные микромодули тестируются на гибкой программируемой системе измерения электрических параметров резистивным и емкостным методами. Тестирование производится в автоматическом режиме с двух сторон платы. Щупы измерителя обеспечивают мягкое прикосновение без повреждения контактных площадок. Программа контроля позволяет выполнять тестирование компонентов во внутренних слоях и на плоскостях, смещенных относительно основной на ±1,5 мм. Результаты тестирования протоколируются.

<i>Количество независимых «летающих» щупов</i>	8 (по 4 на сторону)
<i>Скорость автоматических измерений</i>	9000 в минуту
<i>Макс. размер тестируемой платы</i>	540 × 610 мм
<i>Мин. диаметр контактной площадки</i>	50 мкм
<i>Тестирование проводников резистивным методом</i>	1–10 кОм
<i>Тестирование емкостным методом</i>	0,1 пФ – 100 мкФ
<i>Тестирование изоляции резистивным методом</i>	10 кОм – 100 гОм
<i>Низковольтный тест изоляции резистивным методом</i>	1–100 В
<i>Высоковольтный тест изоляции резистивным методом</i>	100–500 В

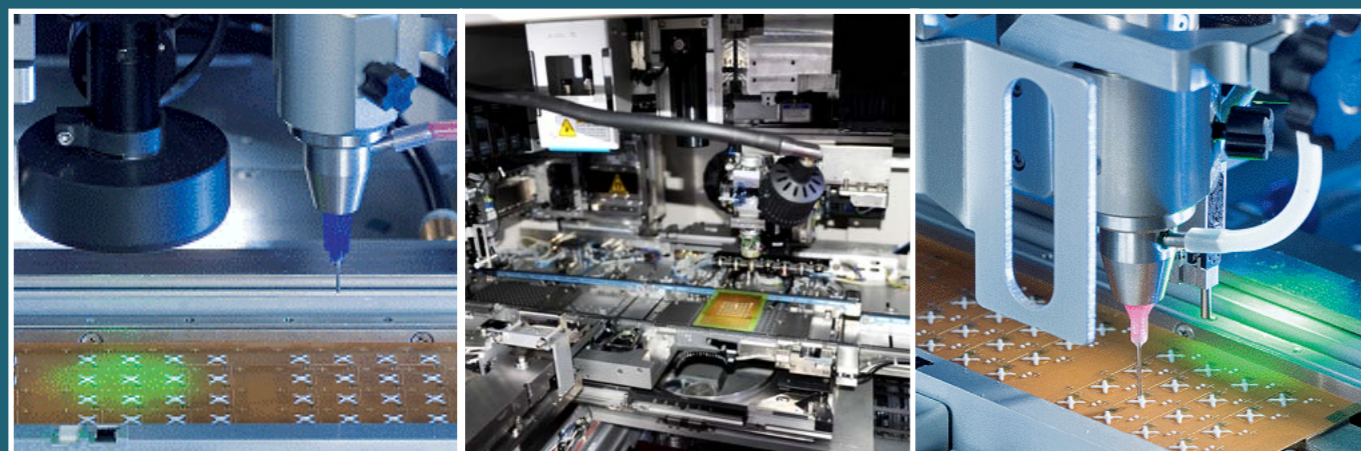
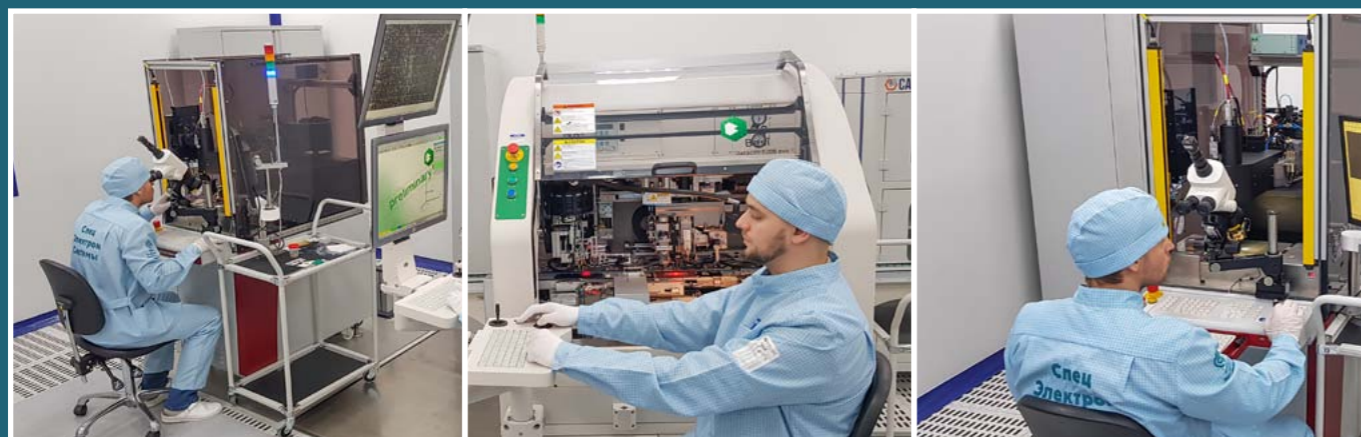


Сборочное производство

Монтаж полупроводниковых кристаллов

Кристаллы устанавливаются контактно-реактивной пайкой или термокомпрессионной сваркой, в том числе на преформу из эвтектического сплава. Посадка кристаллов выполняется на полимерные адгезивы и пасты. Есть возможность маневрировать нагревом стола и инструмента. Техническое зрение распознает границы контуров топологий и матричные коды. Производится автоматическая смена инструмента. Кристаллы с выводами на поверхность устанавливаются методом флип-чип. Три типа дозаторов: воздух-вакуум, шнековый и струйный. Кристаллы извлекаются с пленочного носителя манипулятором пятью видами подкола без сдвига соседних элементов.

Рабочая область подложки	330 × 203 мм
Размеры монтируемых кристаллов	0,17÷50 мм
Толщина монтируемых кристаллов	0,02÷7,0 мм
Контролируемое усилие прижима	до 70 Н
Точность монтажа	±10 на 3σ
Количество автоматических держателей	7
Типы носителей	FR4, керамические, BGA, выводные рамки, Waffle Pack, GEL PACK, лотки JEDEC



Сборочное производство

Электрическое присоединение полупроводниковых кристаллов

Контактные площадки на полупроводнике соединяются с контактами подложки металлической Au-, Cu-, Al-проволокой. Сварка Au-проволоки производится методом «шарик – клин». Сварка Al- и Cu-проволоки Ø 100–600 мкм, плоской ленты до 2000 × 300 мкм методом «клин – клин». Есть возможность соединять кристаллы, размещенные в «глубоком колодце». Производится сплошное тестирование крепления на усталостную выносливость (отрыв и сдвиг) с максимальной нагрузкой до 100 Н и 200 Н соответственно. Установка оснащена видеосистемой наблюдения и протоколирования всех этапов присоединения (испытания) кристалла.

Материал круглой контактной проволоки	Au, Cu, Al
Диаметр проволоки	17–100 мкм
Материал плоских ленточных выводов	Au, Cu, Al
Размеры ленточных выводов	250 × 50 мкм
Точность позиционирования	1–3 мкм /3σ
Программируемый прижим для проволок	0,5÷20 Н
Программируемый прижим для лент	до 40 Н

Качество крепления выводов тестирует испытательный автомат, оснащенный машинным зрением и программой для создания подробных отчетов.

Виды испытаний, точность измерения	
на отрыв	до 1000 Н
на сдвиг	до 5000 Н
на нажим	до 500 Н
моторизованный столик	160 × 160 мм
итоговая точность по нагрузкам	±0,1%
точность сдвига при перемещении по Z на 2 мм	±0,25 мкм



Сборочное производство

Герметизация

Вакуум-плотная герметизация, монтаж на керамическую подложку микромодулей металлических крышек, крышек из кварцевого стекла, полупроводниковых пластин выполняется методами шовно-роликовой и лазерной сварки с проверкой на герметичность.

Герметизация производится в перчаточном скафандре в атмосфере азота, расщепленной аммиачной среде или в вакууме. При подготовке компонентов к герметизации применяется вакуумная печь со шлюзом. Есть возможность создания корпусов с обычными металловыводами и герметичных широкополосных СВЧ-выводов с заданным импедансом и малыми потерями. Перед сваркой выполняется операция префиксации с компьютерным контролем точности и видеосистемой высокого разрешения.

Размер шлюзов	305 × 195 × 195 мм
Размер компонента (машинное зрение и префиксация)	3÷110 мм
Размер компонента без машинного зрения	3÷203 мм
Точность размещения крышки	±0,08 мм
Усилие сварки программируемое	5÷30 Н
Линейная скорость сварки	0,25÷38 мм/с

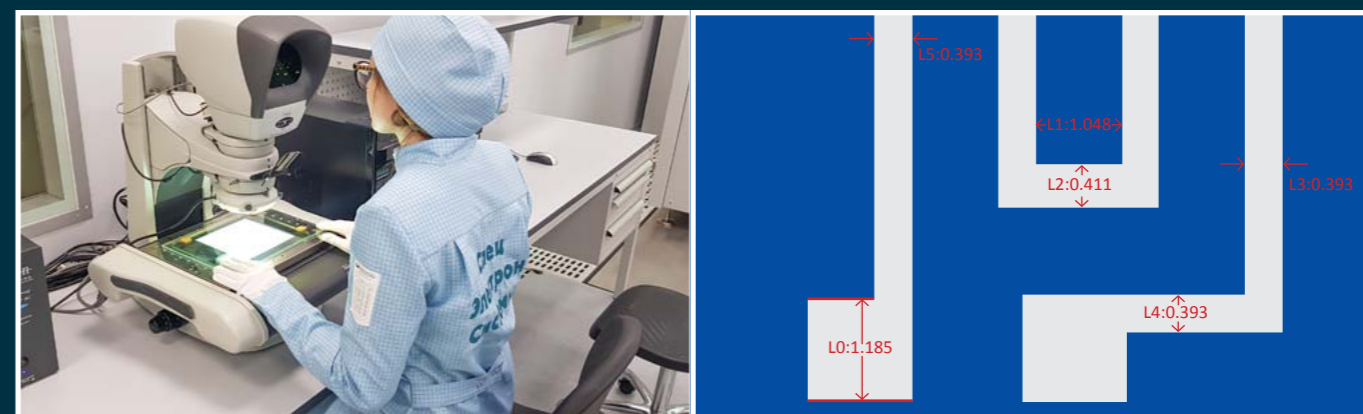


Сборочное производство

Приемка готовой продукции

Аттестованный контрольно-измерительный 3-координатный комплекс для приемки готовых изделий оснащен механизированным столом и механизированным приводом по оси Z.

Установленный программный продукт позволяет производить измерения линейных размеров готовой продукции с последующим протоколированием результатов приемки.



Диапазон измерений	
X	150 мм
Y	150 мм
(грубое смещение) Z	230 мм
(точное смещение) Z	230 мм
Максимальная нагрузка стеклянной пластины	15 кг
Разрешение датчика	
X	0,001 мм
Y	0,001 мм
Z	0,0005 мм
Повторяемость измерений	
X	0,002 мм
Y	0,002 мм
Z	0,008 мм
Погрешность измерений	$U_{95}2D = 4+(5,5L/1000)$ мкм



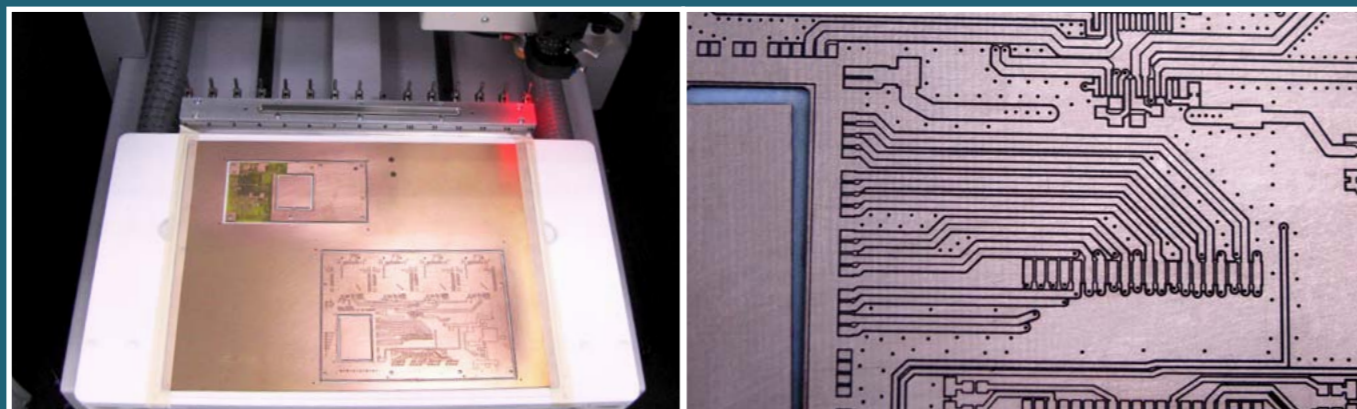
Изготовление прототипов на СВЧ-материалах

Механическое прототипирование

Принимаются заказы на оперативное изготовление прототипов печатных плат на СВЧ-ламинатах и стеклотекстолите. Разрешение по топологии проводник/зазор — 100/100 мкм для цифровых устройств и 150/150 мкм для СВЧ-ламинатов.

Выполняем раскрой необожженных керамических заготовок и пластин из полимерных материалов любой формы.

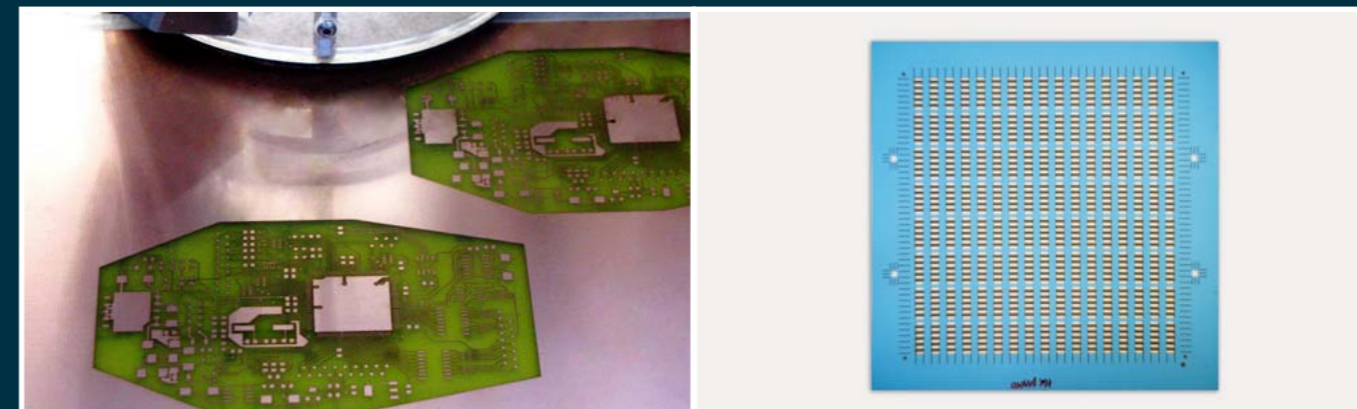
Рабочее поле	229 × 305 мм
Макс. толщина заготовки	2,5 мм
Мин. диаметр отверстия	100 мкм
Разрешающая способность фрезерования	0,5 мкм
Точность повторения	1,0 мкм
Макс. скорость вращения шпинделя	10 ⁵ мин ⁻¹
Производительность	100 отв/мин
Емкость автомата смены инструмента	15



Лазерное прототипирование

Обрабатываем пластины с размерами до 229×305 мм из фольгированных ламинатов, обожженной корундовой керамики, кварцевого стекла, полупроводниковых монокристаллов Si, Ge, GaAs и др. Ультрафиолетовый лазер с диаметром пучка 15 мкм обеспечивает высокую чистоту поверхностей резареза, на подложках из нитрида алюминия или на подложках, покрытых осажденным проводящим слоем, позволяет создавать топологию с разрешающей способностью линия/диэлектрик 50/20 мкм. Устройство оснащено специальной видеосистемой для визуализации обработки микроматериалов. Специализированный лазер адаптирован для нанесения маркировки в соответствии с ГОСТ 30668–2000 «Маркировка изделий электронной техники».

Рабочее поле	229 × 305 × 10 мм
Длина волны лазера	355 нм
Управляемая частота модуляции луча	25÷300 кГц
Скорость нанесения топологии по 18 мкм Си-фольге	200 мм/с
Скорость резания стеклотекстолита толщиной 0,5 мм	200 мм/с
Мин. диаметр сфокусированного пятна лазера	20 мкм
Разрешение проводник/зазор на 18 мкм Си-фольге	50/20 мкм
Точность обработки	± 1,98 мкм



Используемые системы керамики и паст для металлизации

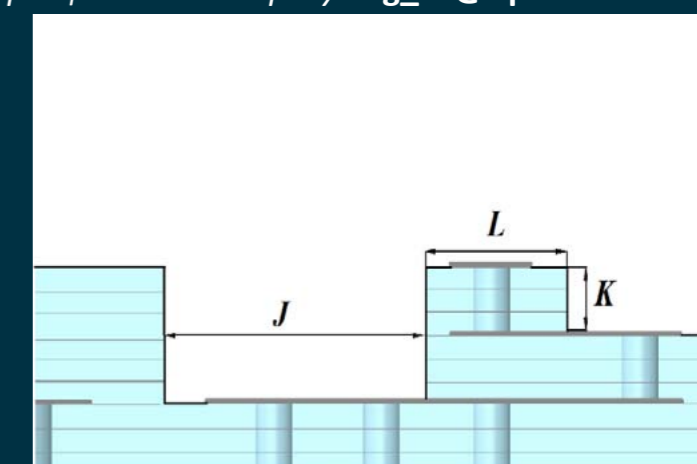
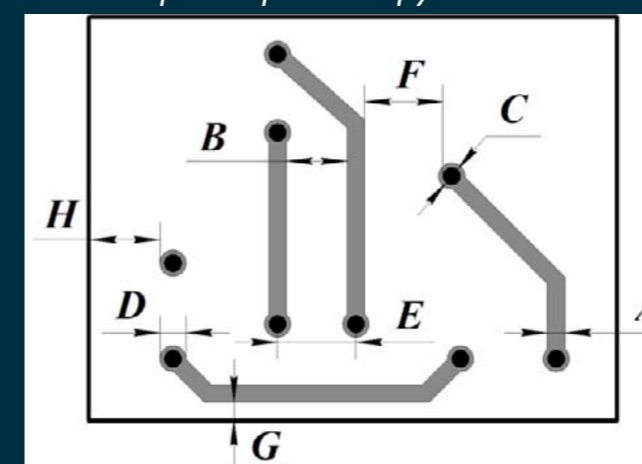
Наименование	КЕКО	Dupont		FERRO	
	SK47	951 (для частот до 10 ГГц)	9K7 (для частот до 100 ГГц)	L8 (для частот до 10 ГГц)	А6М-Е (для частот до 100 ГГц)
Толщина «сырого» слоя	0,050 мм	0,051 мм	–	0,0625 мм	–
	0,115 мм	0,114 мм	0,127 мм	–	0,127 мм
	0,165 мм	0,165 мм	–	–	–
	0,254 мм	0,254 мм	0,254 мм	0,250 мм	0,254 мм
Коэффициент усадки по X и Y	13 ± 0,5%	12,7 ± 0,3%	9,1 ± 0,3%	13 ± 0,3 %	15,4 ± 0,3 %
Коэффициент усадки по Z	17 ± 0,5%	15 ± 0,5%	11,8 ± 0,5%	17 ± 0,3 %	24,0 ± 0,3 %
Прочность на изгиб, МПа	>200	320	230	>275	170
Плотность обожженной керамики, г/см ³	>2,9	3,1	3,2	3,1	>2,45
Шероховатость поверхности, мкм	0,6	<0,35	0,52	–	–
Возможность изготовления полостей	Да	Да	Да	Да	Да
Диэлектрическая проницаемость	7,1 ± 0,2 (на 10 ГГц)	7,8 (на 10 ГГц)	7,1 (на 10 ГГц)	7,3 ± 0,2 (на 10 ГГц)	5,9 (на 10 ГГц)
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,003 (на 10 ГГц)	0,014 (на 10 ГГц)	0,001 (на 10 ГГц)	<0,002 (на 10 ГГц)	<0,002 (на 10 ГГц)
Сопротивление изоляции	>1012 (100В DC)	> 1012 Ω (100В DC)	> 1012 Ω (100В DC)	> 1012	> 1012
Напряжение пробоя, В / 25 мкм	> 1000	> 1000	> 1100	> 1250	> 5000
Тепловое расширение, ppm/°C	6,9	5,8	4,4	5,8	7
Тепловая проводимость, Вт/мК	2,9	3,3	4,6	3	2,0
Материал проводников	Ag, Au, AgPd, AuPt	Ag, Au, AgPd, AuPt, AgPd, AuPtPd		Ag, Au, AgPd, AuPt, AuPtPd	

* более полно характеристики материалов изложены в документации производителей

Правила и ограничения конструирования

Наименование параметра	Обозначение	Типовое значение, мм	Достижимое значение (по запросу), мм
Ширина проводника, мин	A	0,125	0,1
Зазор между проводниками, мин	B	0,125	0,1
Диаметры имеющихся инструментов для пробивки отверстий	C	0,11/0,2/0,25/0,3/0,5/3	< 0,1
Диаметр площадки над отверстием	D	C + 0,1	C + 0,05
Расстояние между центрами отверстий, мин	E	3C	2C
Расстояние от отверстия до края проводника, мин	F	0,125	0,075
Расстояние от края платы до проводника	G	> 0,25	< 0,15
Расстояние от края площадки над отверстием до края платы	H	0,3	0,2
Ширина полости, мин	J	0,5 x 0,5	
Глубина полости	K	< 0,8	0,1
Толщина стенки между полостями	L	≥ K	

* За расширенным руководством обращаться по адресу vag_av@npc-ses.ru



СпецЭлектронСистемы
научно-производственный центр

