



AMERICAN TECHNICAL CERAMICS

Руководство по разработке продуктов на основе многослойных керамических плат выполненных по LTCC - технологии. Заказная тонкопленочная продукция.



 THE
ENGINEERS'
CHOICE™

American Technical Ceramics

Руководство по разработке продуктов на основе многослойных керамических плат выполненных по LTCC - технологии

Заказная тонкопленочная продукция

Manufacturing Design Guidelines for
Low Temperature Cofired Ceramic Substrates and Packages

ATC Custom Thin Film Products

(Russian edition)

- (C) 2003 American Technical Ceramics (ATC)
- (C) 2003 Translation to Russian with changes by MAY electronic components
- (C) 2004 Additions and corrections by Leonid Shistik (ATC)
- (C) 2003 Перевод на Русский язык с изменениями Компания «МЭЙ»
- (C) 2004 Добавления и коррекция Леонид Шистик (ATC)

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

w w w . a t c e r a m i c s . c o m

Многослойные керамические платы по LTCC технологии

Введение

Непрерывно возрастающие требования к компактности и надёжности изделий электронной техники (ИЭТ) привели к тому, что традиционные сборочные коммутационные носители компонент (в том числе и многослойные печатные платы- МПП) далеко не полностью обеспечивают оптимизацию узлов и блоков ИЭТ.

Использование сборочных модулей, выполненных по технологии LTCC, позволяет в ряде случаев устранить вышеуказанные проблемы.

Целью данного руководства является описание технологии LTCC изготовления многослойных керамических плат, и приведение основных технологических требований, необходимых разработчикам изделий электронной техники при создании своего продукта с использованием модулей на основе данной технологии.

Аббревиатура LTCC расшифровывается как Low Temperature Co-fired Ceramic что в переводе на русский язык означает «Низкотемпературная (менее 1000 °С) Спекаемая за одну технологическую операцию Керамика».

Основными достоинствами данной технологии являются:

- Компактные размеры и прочность конструкции:
 - Возможность интеграции пассивных компонентов
 - Объемный дизайн цепей (многослойные ВЧ / СВЧ модули и коммутационные трёхмерные платы)
 - Непосредственная установка чип-компонентов на плату
- Высокие технические характеристики и надежность:
 - Высокая добротность и малые потери
 - Контролируемый импеданс цепей
 - Стабильность к внешним воздействиям
- Высокая повторяемость параметров
- Расширенный (по отношению к многослойным печатным платам) диапазон рабочих температур и механических нагрузок
- Быстрая разработка прототипа
- Возможность организации массового производства с последующим изменением параметров.
- Низкая цена

Большое количество, как ВЧ/СВЧ устройств, так и некоторых других изделий электронной техники, в настоящее время выполняется по технологии LTCC - это смесители, делители и сумматоры мощности, ответвители, удвоители частоты, фильтры, ВЧ трансформаторы, модуляторы и т.д. Причем, помимо стандартных продуктов, также возможно выполнение заказных устройств основанных на дизайне заказчика.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Одной из компаний предоставляющей подобные услуги является American Technical Ceramics. Широкий спектр разнообразных технологий, используемых данной компанией при производстве резисторов, конденсаторов, тонкопленочных и толстопленочных изделий позволяет отобрать наилучшие технологические приемы и интегрировать их в процессы производства многослойных керамических плат. Эти уникальные технологические сочетания позволяют АТС быть единственной компанией в США, предлагающей потребителю широкий набор пассивных компонентов и коммуникационных модулей высокого качества по конкурентоспособным ценам.

Технологический процесс изготовления многослойных керамических плат выполненных по LTCC - технологии

Обобщённое описание процесса изготовления многослойных керамических плат выполненных по LTCC - технологии

Для того чтобы хорошо представлять возможности данной технологии, рассмотрим подробнее процесс изготовления многослойной керамической платы. Для этого сначала приведем все стадии технологического процесса, а затем рассмотрим некоторые из них более подробно.

Типовой технологический процесс изготовления многослойной керамической печатной платы представлен на схеме 1. Как видно из приведенной схемы, в него входят следующие стадии:

- Формирование «сырой» керамической ленты (Tape Casting)
- Обрубка заготовок (Blanking)
- Температурная стабилизация керамических заготовок (Stabilizing)
- Формирование переходных контактных отверстий под межслойные контактные соединения (Via form)
- Заполнение переходных контактных отверстий электропроводящим материалом (Via Fill)
- Трафаретная печать проводящих цепей (Circuit print)
- Формирование окон под монтаж компонентов (Cavity form)
- Сборка слоев в пакет (Collate layers)
- Прессование пакета (Laminate)
- Обрубка пакета до процесса обжига (Green Cut)
- Спекание и обжиг (Burnout & Fire)
- Нарезка обожженного пакета на модули (Dice)
- Дополнительная обработка после обжига (Post Fire Processing)
- Тестирование и контроль модулей (Final Inspection and Test)

Рассмотрим некоторые из приведенных выше стадий подробнее, попутно приведя для каждой ряд требований и ограничений налагаемых процессом изготовления подобных плат. При этом следует отметить, что сборки и платы, разработанные согласно этим рекомендуемым

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

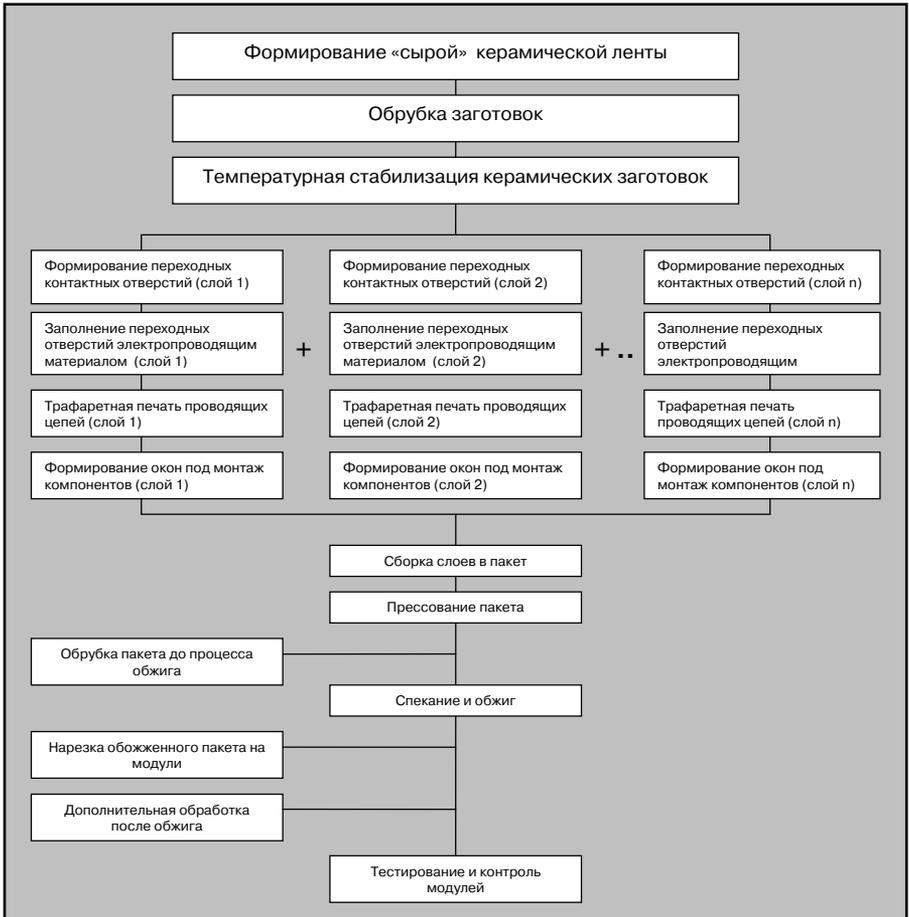
МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

критериям, будут соответствовать стандартным технологическим возможностям АТС, не ограничивая, в то же время, уровень сложности дизайна (конструкторской разработки) заказчика. Каждый предлагаемый проект (дизайн) на первом этапе подлежит рассмотрению с точки зрения практической возможности изготовления, длительности производственного цикла и его стоимости.

Обрубка заготовок

Керамическая необожженная («сырая») лента нарезается на отдельные заготовки. В производстве многослойных керамических плат используются заготовки следующих стандартных размеров (таблица 1).

Схема 1. Технологический процесс изготовления многослойной керамической печатной платы по технологии LT.



A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Таблица 1. Стандартные размеры заготовок для изготовления многослойных керамических плат.

Исходный размер заготовки (дюймы)	Рабочая поверхность заготовки (дюймы)	Максимальный размер после отжига (дюймы)
6 x 6 - основной	4.7 x 4.7	4.5 x 4.5
8 x 8 - возможный	6.7 x 6.7	6.2 x 6.2

Формирование переходных контактных отверстий

Переходные контактные отверстия в пакете формируются в каждой отдельно взятой заготовке. Процесс формирования контактных отверстий, применяемый в АТС, отличается высокой степенью точности и воспроизводимости. Используемое высокоточное цифровое оборудование позволяет АТС избежать жестких ограничений по пошаговому распределению отверстий в узлах "сетки" и открывает возможности одновременного формирования отверстий различного диаметра, шага, плотности расположения и величины соотношения диаметра отверстий к толщине исходной керамики. Стандартные размеры диаметра отверстий в заготовках - 4, 6, 8, 10, 15 и 20 mil (миллидюймов).

Важно отметить, что в процессе обжига пакета отверстия, заполненные проводящим материалом, изменяют линейные размеры от 4 до 7% , в то время как окружающая керамическая матрица изменяет соответствующие размеры от 12 до 15%.

Слишком близкое расположение отверстий может привести к появлению трещин между ними в сырой заготовке, а чересчур высокая плотность расположения отверстий может привести к искажению геометрических координат межслойных соединений (столбов) при обжиге.

При выборе размеров контактных отверстий следует учитывать, что использование отверстий чересчур малых диаметров не всегда обеспечивает надежную металлизацию. Отверстия чересчур большого диаметра имеют тенденцию к частичному "проваливанию" заполнения и его отделению от керамики в процессе обжига. (См. рисунки 5,7,8,9 и таблицу 6) Отверстия, с величиной соотношения толщины сырой керамики к диаметру отверстия больше 1, сложны в формировании и в заполнении.

При сборке пакета наращиваемые один над другим "столбы" не герметичны и могут привести к неоднородности профиля поверхности, поэтому рекомендуется производить смещение столбов каждые 6-8 слоев. Использование дублирующих одну и ту же функцию столбов существенно увеличивает надежность сборки.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Заполнение переходных отверстий электропроводящим материалом

Формирование металлизации переходных отверстий производится посредством заполнения отверстий в керамической заготовке специальными смесями электропроводящих материалов (пастой - см. таблицу 3) с использованием технологии шаблонной печати.

При этом используются высокоточные шаблоны, изготовленные из нержавеющей стали.

Качество заполнения оценивается по следующим параметрам:

- полнота заполнения переходного отверстия
- точность нанесения заполняющего материала.

Наиболее важным фактором, влияющим на этот процесс, является соотношение толщины используемой керамической заготовки к диаметру заполняемого отверстия. Зачастую наблюдается небольшое менискообразование переходного отверстия, вызванное различием термоусадочных коэффициентов переходного отверстия и окружающей керамики.

Формирование электропроводящих цепей (схем)

Электропроводящие цепи (схемы) формируются методом трафаретной печати (шелкографии) на поверхности необожженной керамической заготовки. По сравнению с традиционной толстопленочной технологией преимуществом данного метода является более высокое разрешение печати цепей, что обусловлено следующими факторами:

- печать производится на плоской поверхности керамической заготовки (отсутствует топография, характерная для толстопленочной технологии)
- электропроводящие пасты наносятся на мелкопористую поверхность, препятствующую их растеканию.

При разводке цепей определяющими факторами являются ширина и шаг проводников, а также их толщина (толщина нанесенной пасты). (см. рисунки 2, 3, 4 и таблицы 4, 5)

Формирование полостей

В процессе изготовления возможно формирование сложных 3-х мерных структур. Примерами таких структур являются каналы для отводов термокомпрессионных проводников, полости или отверстия для посадки навесных компонентов непосредственно или вблизи теплоотводов (радиаторов), выемки для электроизоляционного разделения активных компонентов в составе одного модуля. Полости могут быть сформированы как в каждом отдельном слое, так и в сборке нескольких слоев. (см. рисунки 10, 11, 12, и таблицу 7)

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Сборка пакета

Готовые слои помещаются в специальное приспособление, обеспечивающее их совмещение. После сборки пакет слоев проходит через специальную прессовку при строго определенных давлении, температуре и временных циклах. На этом этапе пакет называется необоженным.

Обрубка пакета до процесса обжига

Пред обжигом пакета производится обрубка технологических полей. В том случае, когда конфигурация конечных модулей не является простой ортогональной структурой, производится вырубка отдельных модулей из необоженного пакета.

Обжиг

Для окончательного формирования многослойной керамической платы необходима термообработка пакета или отдельных модулей. При этом протекают два параллельных процесса - вжигание проводящих рисунков и спекание керамической массы. На первой стадии обжига также происходит разложение и удаление технологической связи.

Нарезка обожженного пакета на модули

Нарезка обожженного пакета на модули производится алмазными дисками, обеспечивающими высокую точность размеров модулей (См. список оборудования). Этот процесс применяется для изготовления модулей ортогональной конфигурации.

Дополнительные процессы после обжига пакета

После процесса обжига на внешних сторонах пакета могут быть сформированы различные структуры с использованием тонко- и толстопленочной технологии. Примерами таких структур являются селективные зоны для пайки, термокомпрессии, электроизоляции, а также пассивные компоненты типа конденсаторов, резисторов и индуктивностей. (см. таблицы 8, 9, а также рисунок 13).

Электрофизические и механические характеристики используемых материалов

Материалы, используемые в производстве многослойных керамических плат, применяются в виде системы "Керамика-Пасты" и не могут быть комбинированы произвольным образом. На данном этапе АТС использует керамические материалы, выпускаемые фирмами "DuPont" и "Ferro". В таблице 2 приведены основные характеристики керамики, производимой данными фирмами.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Таблица 2. Основные характеристики керамики используемой для производства многослойных керамических плат.

Свойство	DuPont 951	Ferro A6
Толщина "сырой" керамической ленты (миллидюймы)	4.5, 6.5, 10.0+/-7%	5.0, 10.0 +/-15%
Номинальная толщина после обжига (миллидюймы)	3.8, 5.5, 8.5	3.7, 7.4
Диэлектрическая постоянная при 10 ГГц	7,85	5,9
Коэффициент диэлектрических потерь при 10 ГГц	0,0045	< 0,002
Пробивное напряжение (V/миллидюйм)	>1000	>1300
Сопротивление изоляции (Ом) при 100 В постоянного тока	> 1012	> 1012
Термоусадка X и Y (%)	12,7+/-0,2	14,8+/-0,2
Термоусадка Z (%)	15,0+/-0,5	27+/-0,5
Плотность после обжига (г/см ³) 96% теорет.	3,1	2,45
Неплоскостность мк/мм	< 2	<2
Пластическая прочность (Мра)	320	>170
Термический коэффициент расширения (ppm/oC)	5,8	7
Термопроводность (W/m-K)	3.0	2.0

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Таблица 3. Электропроводящие пасты и их свойства.

Металл и назначение пасты	Код продукта	Поверхн. сопрот., мОм/квadrat	Толщина после отжига, мкМ
DuPont 951			
Au -термокомпрессионная	5731/5734	< 5	6 - 9
Au - сварочно - компрессионная	5731	< 5	18 - 25
Au-для внутренних слоев	5731/5734	< 5	6-9
Au-для заполнения переходных контактных отверстий	5738	< 5	-
Pt/Au Sn/Pb-для пайки	5739	< 35	10 - 15
Ag-для внутренних слоев	6142/6148	5/9	7/8
Ag-для заполнения переходных контактных отверстий	6141	< 3	-
Ag/Pd Sn/Pb для пайки	6146	30	9
Смесь металлов для заполнения переходных контактных отверстий	6138(Ag/Pd)/TV25	-	-
Au/Sn-Au/Ge для диффузионной сварки	5062/5063	5	12-15/ >30
Au -термокомпрессионная	5715	< 5	9
Au/Pt/Pd Sn/Pb для пайки	4596/4597	80	15
Изоляционная пассивация/маски для пайки	5704	-	12 - 25
Ferro A6			
Au -термокомпрессионная	CN 30-065/30-080	< 0,3	8 - 12
Au-для внутренних слоев	FX 30-025	< 0,3	8 - 12
Au-для заполнения переходных контактных отверстий	FX 30-045/30-078	5	-
Pt/Au Sn/Pb-для пайки	FX 31-015	< 0,5	15-25
Ag-для внутренних слоев	FX 33-188	< 5,1	3 - 5
Ag-для заполнения переходных контактных отверстий	CN 33-296M	< 0,2	-
Ag/Pd Sn/Pb для пайки	FX 34-113	< 0,1	8 - 12
Смесь металлов для заполнения переходных контактных отверстий	FX 39-002	-	-
Au/Pt/Pd Sn/Pb для пайки	FX 30-025/4007	< 0,2	30-33

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Требования к предоставляемой технической документации

Рекомендуемые форматы данных и особенности подготовки проектной документации:

- Gerber RS-274X (включая отверстия).
- Цифровые данные в 2,4 (открывающем, замыкающем) формате [2,4 leading, trailing format].
- Отверстия должны помечаться как точки (не окружности).
- Полости должны быть представлены объектами, образованными замкнутой ломаной линией с толщиной 0,001 дюйма.
- Данные должны быть представлены в едином формате. Дальнейшая обработка и изменение представленных данных осуществляется инженерами ATC.
- В качестве альтернативы, проектные данные могут быть также представлены в формате Gerber RS-274D, используя стандартный набор описаний отверстия ATC или DXF - описаний этих отверстий.

Список используемого оборудования для производства многослойных керамических плат

- UHT MP-8200Z Ceramic Punch
- UHT MP-5200Z Ceramic Punch
- MPM SPM Screen Printer (2 шт.)
- MPM TF100 Screen Printer
- AMI MSP 9155 Screen Printer (2 шт.)
- Autoclave Isostatic Lamination Press
- JOT J501-07 Router
- OZO 185 Router
- Cyberoptics CyberScan 3D Laser Profilometer
- Harrop 3087 Kiln
- Sierra 8K16-24-4A Therm Kiln
- BTU TFF92 Belt Furnace
- SMT 460C Reflow Oven
- ProboTech Electrical Test Station
- NuArc MSP3140 Screen Imager
- Diamond Touch 780 Dicing Saw
- OGP Smart Scope XY System

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

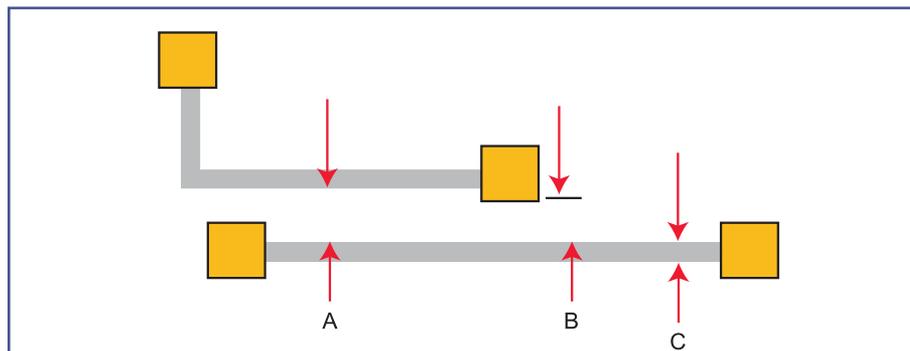
ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рекомендации по выполнению проводников

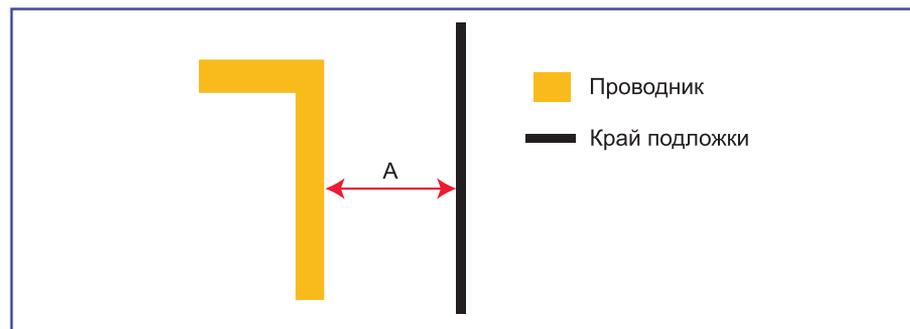
ВНИМАНИЕ! Не рекомендуется использовать при разработке максимально допустимые значения параметров, поскольку это приводит к уменьшению процента выхода годных изделий, удорожанию изделия и увеличению времени его изготовления. Желательно использование везде, где это возможно предпочитаемых значений.

Рисунок 2. Ширина проводников и расстояния между проводниками



	A (дюймы)	B (дюймы)	C (дюймы)
Предпочитаемые	$\geq 0,006$	$\geq 0,006$	$\geq 0,005$
Максимально допустимые	0,005	0,005	0,004

Рисунок 3. Расстояние от края проводника до края подложки (печатной платы)



	A (дюймы)
Предпочитаемые	$\geq 0,006$
Максимально допустимые	0,005

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рисунок 4. Формирование контактных площадки для установки микросхем

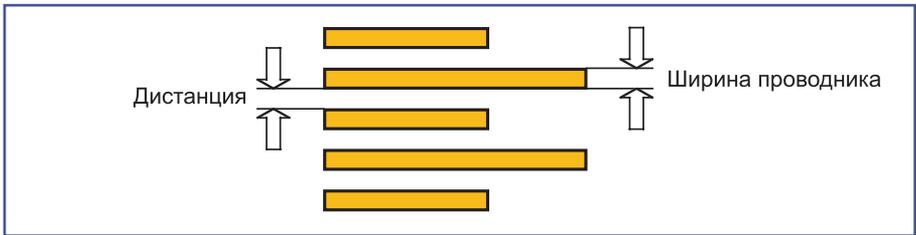


Таблица 4. Требования к выполнению проводящего рисунка, необходимого для установки микросхем

Требование	Предпочитаемые размеры (дюймы)	Максимально допустимые размеры (дюймы)
Минимальная ширина проводника	0,005	0,004
Минимальное расстояние между проводниками	0,006	0,005
Минимальное расстояние между краем проводника/герметизирующего (контактного) слоя переходного отверстия и металлизированной областью большой площади	0,008	0,005
Минимальное расстояние между краем проводника и краем установленного компонента	0,01	0,005
Минимальное расстояние от края проводника до края отверстия	0,008	0,007
Точность выполнения ширины проводника	+/- 0,001	+/- 0,0005
Точность выполнения зазора между проводниками	+/- 0,0015	+/- 0,001
Точность выполнения зазора между проводником и отверстием	+/- 0,002	+/- 0,002
Точность взаимного расположения проводников (при многократном формировании проводящего рисунка в одном и том же слое)	+/- 0,004	+/- 0,003

Таблица 5. Требования к выполнению цепей питания и заземляющих проводников.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рекомендации по выполнению переходных отверстий

Требование	Предпочитаемые параметры	Максимально допустимые параметры
Минимальный шаг сетки координат/расстояние между соседними объектами	0,010"/0,015"	0,010"/0,010"
Минимальное расстояние между проводником и металлизированной областью большой площади	0,008"	0,005"
Минимальное расстояние между металлизированной областью большой площади и краем герметизирующего (контактного) слоя переходного отверстия	0,015"	0,005"
Максимальная площадь металлизированных областей	утопленные проводники: 50% поверхностные проводники: 80%	утопленные проводники: 100% поверхностные проводники: 100%
Минимальное расстояние между металлизированной областью и краем установленного компонента	0,015"	0"
Зазор между линиями питания и окружающими элементами (в объеме)	0,020" (с любой стороны)	0,020" (с любой стороны)

Рисунок 5. Расположение межслойного контактного отверстия относительно края подложки (платы).

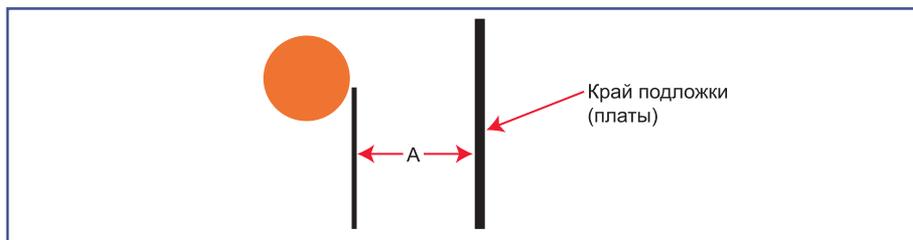


Таблица 6. Требования к выполнению межслойных контактных отверстий.

* Рекомендуется выполнять герметизирующие (контактные) слои для всех

Диаметр отверстия	A (мин.)
> 10 mils (миллидюймов)	25 mils (миллидюймов)
4- 10 mils (миллидюймов)	20 mils (миллидюймов)

AMERICAN TECHNICAL CERAMICS

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

отверстий для обеспечения герметичности конструкции в целом.

Требование	Предпочитаемые параметры	Максимально допустимые параметры
Высота переходного отверстия	3 x диаметр отверстия	2 x (диаметр отверстия + вырезы)
**Максимальное количество пакетированных слоев формирующих переходное отверстие (произвольное расположение отверстий)	8	25
Теплопроводящие переходные отверстия	См. рисунок 7	Вырезы шириной < 0,020" и длиной < 0,040"
Точность совмещения отверстия в различных слоях	+/- 0,002"	+/- 0,002"
Точность выдерживания диаметра отверстия (в обожженной керамике)	+/- 0,0005"	+/- 0,0005"
Точность выдерживания расстояний между отверстиями	+/- 0,001"	+/- 0,001"
Герметизирующий (контактный) слой переходного отверстия	*слой в виде квадрата со стороной 0,008" над отверстиями диаметром 4 и 6 mil (миллидюймов), в остальных случаях не используется	Не используется
Расстояние от края отверстия до края установленного компонента	> 0,025"	0,020"

** Рекомендуется расположение переходных отверстий в шахматном порядке. Подобное расположение должно быть использовано при повышенных требованиях к герметичности конструкции.

- Проводящие цепи должны полностью закрывать переходные отверстия малых диаметров (4 и 6 миллидюйма)
- Там где это возможно должны быть предусмотрены резервирующие переходные отверстия.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Выполнение высокочастотных переходных отверстий

Разработки, использующие высокочастотные цепи, а также цепи с фиксированным импедансом могут потребовать формирования специальной коаксиальной структуры, образованной линией передачи сигнала и системой коаксиальной структуры, образованной линией передачи сигнала и системой линеек отверстий, двух различных типов расположенных параллельно ей. При этом, в вышеуказанных линейках отверстия располагаются на расстоянии 50 микрон друг от друга. Подобная структура приведена на рисунке 6.

Рисунок 6. Формирование специальной коаксиальной структуры для передачи ВЧ сигнала (вид сверху)

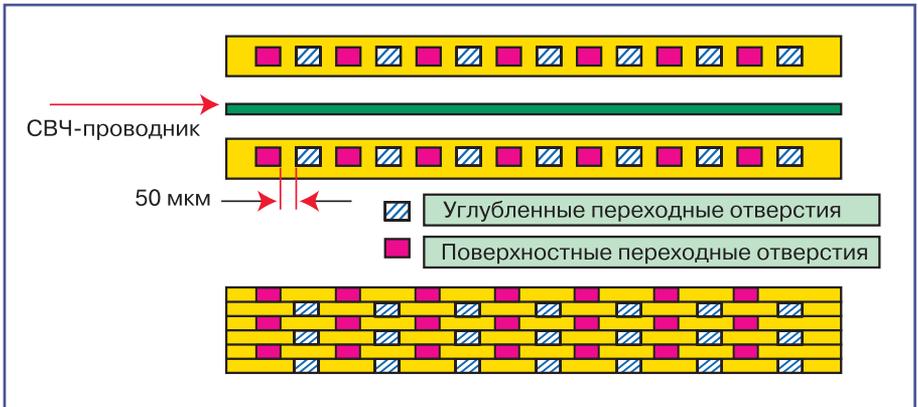
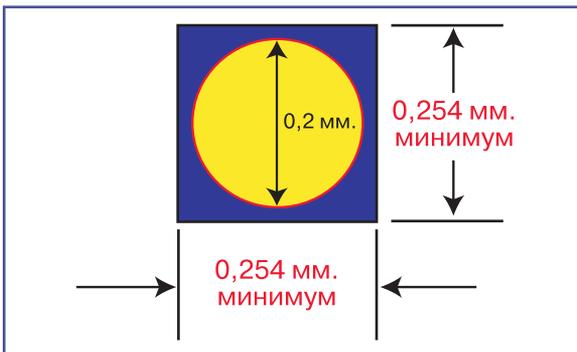


Рисунок 7. Размеры теплопроводящего переходного отверстия и герметизирующего слоя для данного отверстия.



Примечание: Группы из теплопроводящих переходных отверстий могут быть покрыты большой металлизированной областью вместо отдельных герметизирующих слоев.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рисунок 8. Пример расположения отверстий диаметром 0,152 мм. (гексагональная модель).

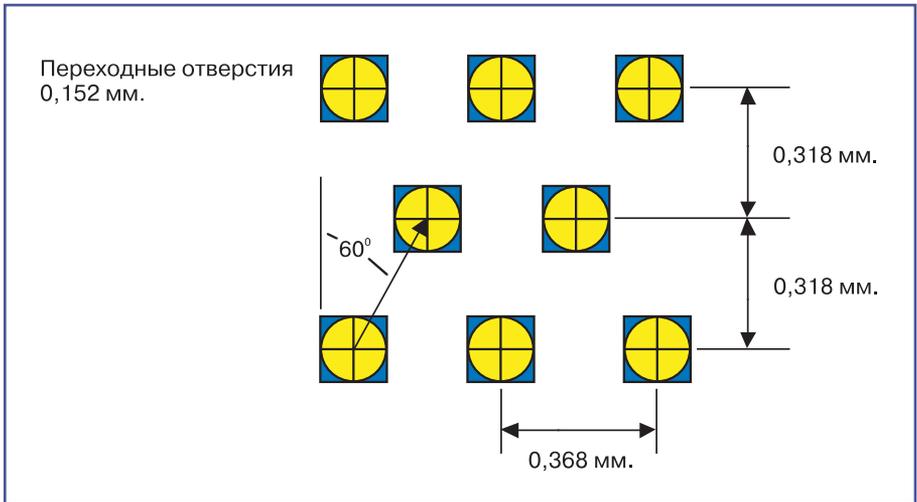
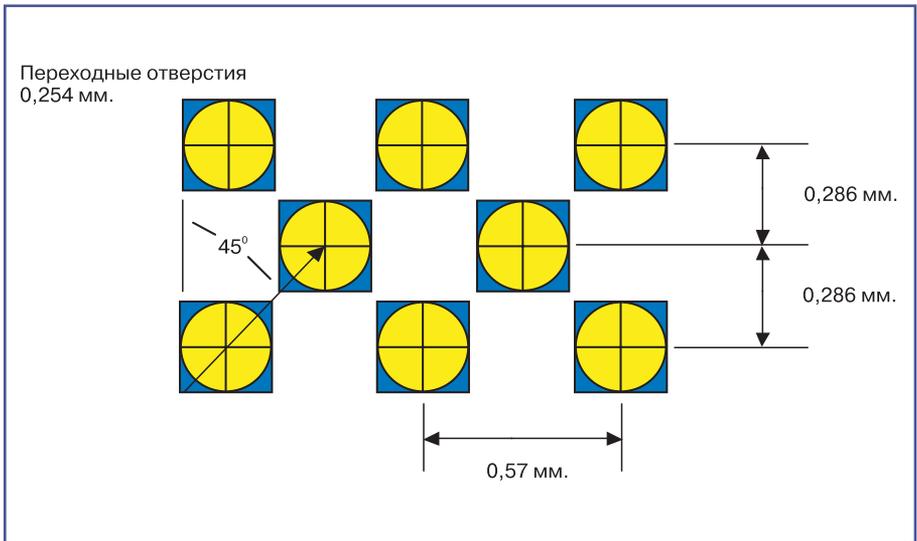


Рисунок 9. Пример расположения отверстий диаметром 0,152 мм. или 0,254 мм. (прямоугольная модель).



A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибутор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Выполнение полостей

В данном разделе описываются рекомендации по правильному формированию 3-х мерных полостей в структуре LTCC. Подобные полости формируются, как правило, в каждом из слоев платы до процесса обжига. При формировании полостей используются два метода: пробивка заготовки (вырубка определенных областей) [punch nibbling], и механическое разделение заготовки [mechanical routing]. Формирование полостей при помощи механического разделения заготовки является стандартной операцией и поскольку данный технологический процесс является дополнительным, то допуски полостей, обеспечиваемые данным методом, имеют большие значения, чем допуски, обеспечиваемые методом пробивки (вырубки) заготовки. Информация о точности, обеспечиваемой обеими методами, приведена в таблице 7. Хотя метод пробивки (вырубки) заготовки обеспечивает большую точность размеров, что связано с одновременным формированием всех полостей, он имеет ограничения по размерам, площади, и количеству формируемых полостей, а также некоторые другие ограничения.

Рисунок 10. Рекомендуемое расстояние от края металлизированной области до стенки полости.

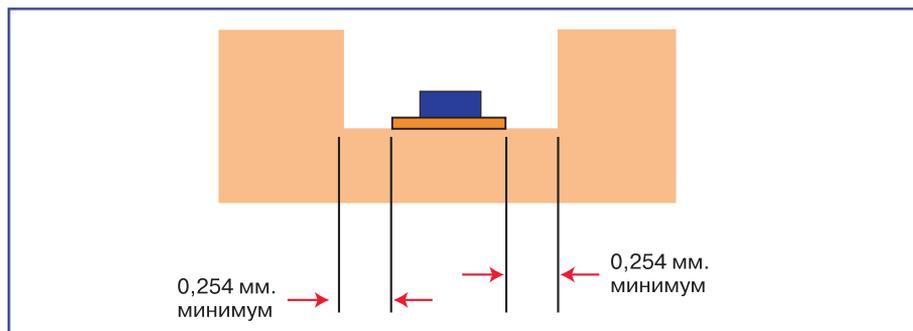
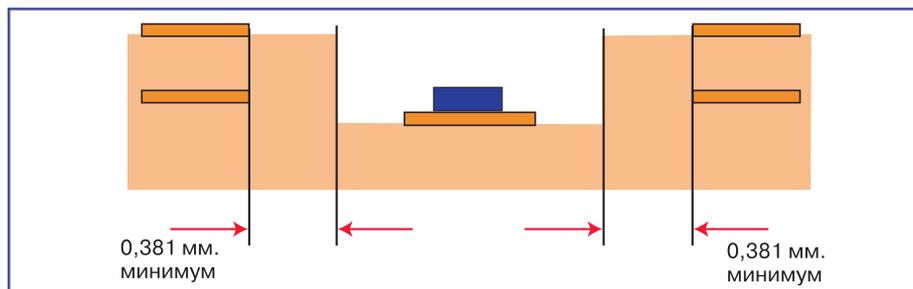


Рисунок 11. Рекомендуемое расстояние от края утопленного/поверхностного проводника до стенки полости.



A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рисунок 12. Рекомендуемое расстояние от края переходного отверстия до стенки полости.

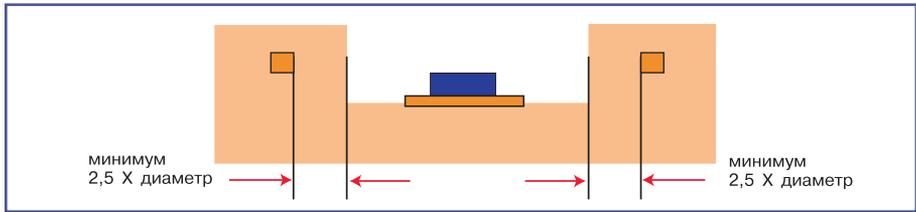


Таблица 7. Требования к выполнению полостей в LTCC - структуре.

Требование	Предпочит. параметры	Максимально допустимые параметры
Максимальное отношение Глубина/Ширина	1/2	1/1
Минимальная ширина выступа	0,050"	0,035"
Минимальная толщина стенки	0,100"	0,050"
Максимальное отношение Глубина/Толщина стенки	1/2	1/1
Минимальная толщина основы/выступа	0,060"	0,020"
Минимальный размер полости	0,100"	0,032" / 0,010" *
Максимальная площадь полости (в % от размеров отожженной платы)	50%	70%
Минимальный радиус изгиба (до отжига)	0,016" (механическое разделение заготовки)	0,005" (пробивка / вырубка заготовки)
Минимальное отклонение профиля стенки полости (между двумя соседними слоями)	0,005"	0,002"
Минимальное расстояние от края металлизированной области до стенки полости	0,010"	0,005"
Минимальное расстояние между краем проводника и стенкой полости	поверхностные: 0,010" утопленные: 0,015"	поверхностные: 0,005" утопленные: 0,010"
Минимальное расстояние между краем отверстия и стенкой	2,5 x диаметр отверстия	2,5 x диаметр отверстия

* минимальный линейный размер полости при механическом разделении заготовки составляет 0,032", а при пробивке (вырубке) - 0,010"

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Выполнение пассивных компонентов

Резисторы

Одним из преимуществ LTCC - технологии является возможность легкого формирования пассивных компонентов (резисторов, конденсаторов, индуктивностей) в керамической структуре. Эта легкость обусловлена схожестью материалов и технологических процессов изготовления керамической основы и пассивных компонентов, что позволяет помещать пассивные компоненты непосредственно внутрь керамической структуры или на ее поверхность.

- Стандартный допуск утопленного резистора составляет +/- 30%
 - Стандартный допуск поверхностного резистора составляет +/- 10%
 - Максимальный размер утопленного резистора составляет 0,030" x 0,030"
 - Максимальное количество пленочных сопротивлений на внутренний слой - 2
- Сопротивление пленочного резистора рассчитывается по формуле:

$$R = \rho * L / t * W$$

где: **R** - сопротивление резистора (Ом),
ρ - сопротивление резистивной пасты (Ом*см), **L** - длина (см),
W - ширина (см), **t** - толщина (см).

Соответственно: $L = R * t * W / \rho$

*Таблица 8. Удельное поверхностное сопротивление слоя для внутренних и поверхностных резисторов.**

Материал / параметры	Поверхностные резисторы				
	10 Ом / квадрат	100 Ом / квадрат	1 кОм / квадрат	10 кОм / квадрат	100 кОм / квадрат
Нанесение на керамику Ferro / DuPont	S110	S120	S130	S140	S150
	Отожженные резисторы				
DuPont	CF011	CF021	CF031	CF041	-
TKC (ppm/градус C) в диапазоне температур от - 55 до +125 градусов C	+/- 200	+/- 200	+/- 200	+/- 200	-
Ferro (после отжига)	87-011	87-101	87-102	87-103	87-104
TKC (ppm/градус C)	N/A	+/- 450	+/- 200	+/- 200	+/- 200

* значения [Ом/квadrat] рассчитаны по стандартной резистивной пленке толщиной 25 микрон (после отжига).

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рисунок 13. Схема и размеры резистора.

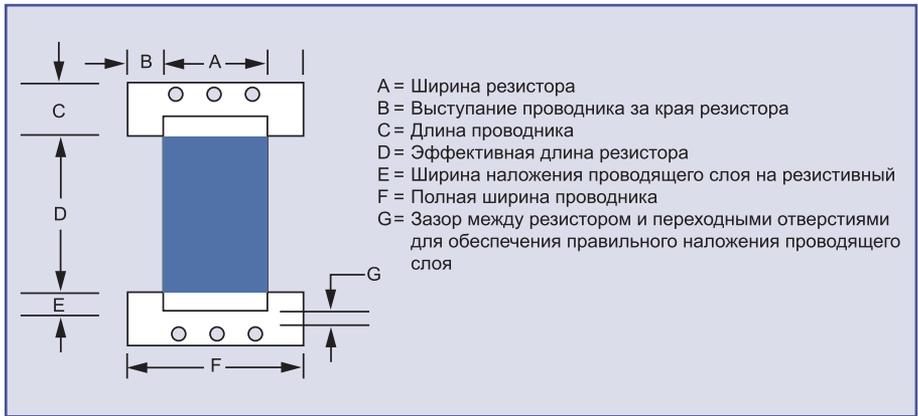
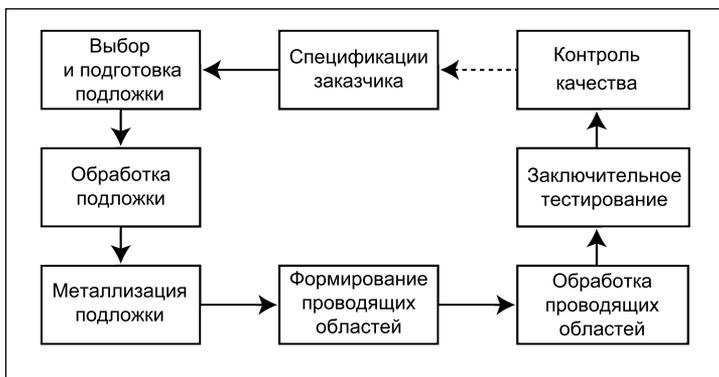


Таблица 9. Размеры резистора (размеры приведены в дюймах).

	A	B	C	D	E	F	G
Предпочитаемые значения параметров.	0,07	0,02	0,06	0,07	0,02	0,09	0,010 мин.
Максимально допустимые значения параметров	0,03 мин.	0,005 мин.	0,03 мин.	0,03 мин.	0,01 мин.	0,04 мин.	0,01 мин.

Рисунок Т-1. Обобщенная схема процесса изготовления тонкопленочной продукции.



A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
 631-622-4700
 sales@atceramics.com

ATC Europe
 +46 8 6800410
 sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
 631-622-4700
 sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
 +7 (095) 913-51-61
 import@may.ru

Заказная тонкопленочная продукция

Введение

Подразделение компании American Technical Ceramics- Thin Film Products - (в дальнейшем АТС ТПП), являющееся сертифицированным производителем заказных гибридных пассивных интегральных структур (ГПИС), изготовленных с привлечением приёмов тонкопленочной технологии, предлагает богатый спектр решений и сервисов как для разработчиков изделий электронной техники(ИЭТ) на этапах НИР и ОКР, так и для использования при выпуске серийной продукции.

Ведущие мировые производители изделий аэрокосмической техники, оптоэлектроники, телекоммуникации и связи широко используют в различных блоках и модулях изготовленные в АТС ТПП заказные ГПИС- компоненты.

Специальное технологическое оборудование позволяет получать стойкие структуры высокого качества и надёжности, полностью соответствующие требованиям «стабильные» и «особо стабильные» - «приёмка 5» и «приёмка 9» соответственно.

Краткий обзор

Технологические возможности АТС ТПП позволяют применять разные способы металлизации пластин (подложек) выполненные из разных типов керамики или диэлектрика. Возможно изготовление модулей с подложками сложной конфигурации, что, зачастую, необходимо для производства различных гибридных схем.

Первичная металлизация поверхности производится, как правило, вакуумным (магнетронным) напылением, с последующим гальваническим формированием проводящих структур. Основные проводящие структуры формируются на подложке гальваническим осаждением металла на требуемые области. В ряде случаев проводящие структуры формируются на основе полностью вакуумно напыленных металлов с последующим травлением .

ГПИС могут включать в себя: омические (проводники, сопротивления) и реактивные (индуктивности, полосковые фильтры, согласователи) элементы, комбинированные аттенюаторы, резонаторы, металлизированные переходные отверстия, неметаллизированные полости и т. п. Возможно выполнение пересечений проводников и воздушных перемычек, совмещение слабо- и сильноточных цепей в одном модуле.

Область применения заказных ГПИС не ограничивается высокочастотными и сверх- высокочастотными изделиями электронной техники. В частности, семейство ГПИС включает также целую гамму заказных высокопрецизионных тонкопленочных резистивных сборок и керамических рамок - носителей с высокой плотностью разводки для специальных БИС и СБИС.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Сочетание приёмов селективной металлизации и травления позволяет создавать в составе единого ГПИС- модуля различные структуры, наилучшим образом отвечающие требованиям сборочных технологий заказчика (посадка на эвтектику, термокомпрессия, пайка высоко- и низко-температурными припоями).

Если при разработке собственного продукта на основе тонкопленочной технологии АТС Вам потребуется техническая консультация, высококвалифицированные инженеры АТС всегда будут рады помочь Вам: начиная от процесса выбора подходящей подложки, а также системы металлизации, и заканчивая тестированием готового устройства.

Система проверки качества American Technical Ceramics сертифицирована по стандарту ISO 9000 и соответствует многим требованиям военных и аэрокосмических стандартов. (Например, стандарт MIL-STD-883 используется для визуального контроля продукции в процессе изготовления, а стандарт MIL-STD-105D Level II - для финального контроля качества изделия.)

Обобщенная схема процесса изготовления тонкопленочной продукции приведена на рисунке Т-1.

Базовая технологическая информация

Материалы подложки

- Поликор
- Оксид Бериллия
- Диэлектрики
- Ферриты
- Кварц
- Сапфир и др.

Материалы барьерных слоев

- Титан/Вольфрам (Ti/W)
- Никель (Ni)

Материалы адгезионных слоев

- Хром (Cr)
- Титан (Ti)
- Титан/Вольфрам (Ti/W)
- Никель/Хром (Ni/Cr)

Материалы резистивных слоев

- Нитрид Тантала (TaN)
- Никель/Хром (Ni/Cr)

Материалы проводящих слоев

- Медь (Cu)
- Никель (Ni)
- Алюминий (Al)
- Золото (Au)

Формирование цепей подложки

- Нанесение фотолитографического шаблона с последующим травлением,
- **и/или**
Селективное электрохимическое осаждение с последующим химическим травлением подслоёв

Обработка подложки

- Лазерная обработка
- Обработка прецизионным алмазным резакром
- Ультразвуковая обработка

Типовые характеристики гибридных схем

Проводники: ширина проводников и расстояний между ними $\geq 0,0005$ дюйма

Резисторы: точность резисторов $\geq 0,1\%$

Отверстия: стандартные и улучшенные отверстия

Воздушные перемычки: применяются над широкими проводниками для исключения проводного соединения

Пересечения проводников: выполняются с Полиимидом в качестве изоляционного слоя между проводниками.

Проводники, проложенные по краю подложки: служат в качестве шаблона, по которому происходит отделение единичного кристалла.

Ограничение зоны пайки: выполняется из Полиимида и других сходных материалов.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Типовые применения гибридных схем

Таблица Т-1. Типовые применения гибридных схем.

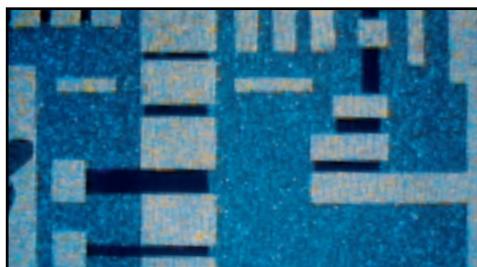
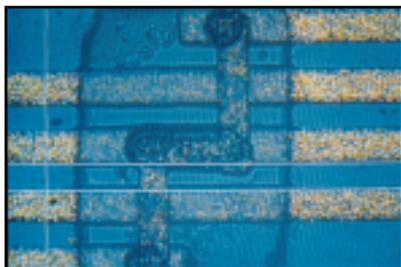
Тип цепей	Применение	Материал подложки
Проводники	Соединительные массивы высокой емкости, основание для установки лазерного диода, источники питания	Поликор, Оксид Бериллия
Резисторы	ЦАП, АЦП, источники питания, наборы резисторов	Поликор, Оксид Бериллия
СВЧ цепи	Аттенюаторы, фильтры, усилители, делители мощности, конденсаторы, антенны	Поликор, Оксид Бериллия, Ферриты, Кварц, другие диэлектрики

Расшифровка некоторых используемых терминов

Активная область схемы (active circuit area) - Действующая область схемы, включая проводники, резисторы и прочие подключенные элементы.

Воздушная перемычка (air bridge) - Проводник, размещенный над другими проводниками и не имеющий электрического контакта с ними.

Рисунок Т-2. Воздушная перемычка. Рисунок Т-3. Подстраиваемый резистор.



Подстраиваемый резистор (block resistor) - Цельный тонкопленочный резистор прямоугольной конфигурации. Как правило, больших, чем требуется, размеров для последующей подгонки сопротивления.

Замыкание (bridging) - Ненамеренное соединение между двумя проводниками.

Коррозия (corrosion) - Химическое окисление металла.

Пересечение проводников (crossover) - Изолированный металлический проводник, проходящий над другими металлизированными поверхностями (проводниками).

Нежелательная примесь (foreign matter) - Нежелательные включения постороннего материала.

Прорезь (kerf) - Открытая область, образованная при резке лазером, или разделении пластины.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Схема металлизации (metallization scheme) - Металлизированные слои, образующие схему соединений устройства.

Пассивные элементы (passive elements) - Полосковые линии передачи сигнала, конденсаторы, индуктивности и резисторы.

Выступ (protrusion) - Дефект поверхности, выражающийся в виде ее локального вздутия.

Самопассивирующийся резистор (self - passivating resistor) - Резистор с термически расширяющимся пассивационным слоем.

Царапина (scratch) - Разрыв поверхности резистора или металлизированного слоя проводника, при котором не произошло оголение подстилающей поверхности.

Подложка (substrate) - Функциональная и/или структурная основа для металлизированных цепей.

Контактная площадка (terminal) - Металлизированная площадка для электрического подключения внешних элементов.

Толстая пленка (thick film) - Проводящий, резистивный или диэлектрический материал, нанесенный через трафарет и впоследствии вплавленный в подложку.

Тонкая пленка (thin film) - Проводящий, резистивный или диэлектрический материал, осажденный на подложку при помощи напыления или термовакuumного испарения.

Отверстие (via) - Полость в подложке, обеспечивающая вертикальное соединение ее верхней и нижней граней.

Пустота (void) - Окна в проводящей или резистивной пленке позволяющие видеть поверхность подложки.

Проводник, опоясывающий край подложки (wraparound) - Проводник, проходящий по краю подложки и служащий границей единичного кристалла.

Рисунок Т-4. Индуктивность.

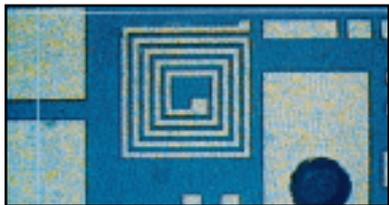
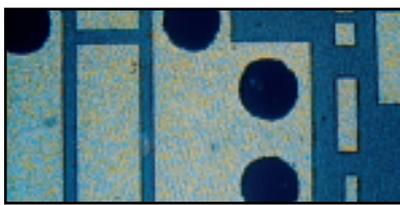


Рисунок Т-5. Отверстие.



Замечание

Разработчик обязан учитывать технологические требования, налагаемые процессом создания пленочной структуры. Он должен придерживаться рекомендуемых размеров для проводников, резисторов, диэлектрических областей и т.д.

Необходимая техническая поддержка

В случае затруднения возможны прямые консультации со специалистом по тонкопленочной технологии.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Типовые схемы металлизации

Таблица Т-2. Типовые схемы металлизации.

Типовые схемы металлизации	Применение	Метод соединения	Металлизация / резистивные слои	Типовые значения
1. TaN - TiW - Au	ВЧ/СВЧ цепи: аттенюаторы, нагрузочные и развязывающие наборы сопротивлений, гибридные схемы с набором сопротивлений, спиральные индуктивности, крепление для лазерных диодов, цепи питания.	Pb/In, Au/Si,	TaN 25 - 100 ом/квадрат	50
	Конечная продукция: источники питания, ответвители, делители, фильтры, усилители, устройства на ПАВ и т.д.	Au/Ge - эвтектический	TiW 300 - 500 Ангстрем	300
		Крепление провода на компаунд	Au 20 - 300 микродюймов	150
2. TiW - Au	То же что и (1), но без резисторов		TiW 300 - 500 Ангстрем	300
			Au 20 - 300 микродюймов	150
3. TaN - TiW - Au - Ni - Au	То же что и (1), но в условиях частой перепайки (при ремонте)	Pb/Sn, Au/Sn - пайка	TaN 25 - 100 ом/квадрат.	50
			TiW 300 - 500 Ангстрем	300
		Pb/Sn эвтектический	Au 20 - 300 микродюймов	20 миним.
		Крепление провода на компаунд	Ni 35 - 75 микродюймов	35 миним.
Au 20 - 100 микродюймов	150			
4. TiW - Cu - Ni* - Au	ВЧ цепи большой мощности, а также ВЧ цепи с малыми потерями, цепи питания	Pb/Sn, Au/Sn - пайка	TiW 300 - 500 Ангстрем	300
			Cu 50 - 2000 микродюймов	500
		Крепление провода на компаунд	Ni 35 - 75 микродюймов	35 миним.
			Au 20 - 100 микродюймов	40 миним.

AMERICAN TECHNICAL CERAMICS

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Таблица Т-2. Типовые схемы металлизации (продолжение).

Типовые схемы металлизации	Применение	Метод соединения	Металлизация / резистивные слои	Типовые значения
5. TiW - Au - Cu - Ni* - Au	ВЧ цепи большой мощности, а также ВЧ цепи с малыми потерями, цепи питания	Pb/Sn, Au/Sn - пайка	TiW 300 - 500 Ангстрем	300
			Au 3000 - 5000 Ангстрем	3000 миним.
		Крепление провода	Cu 50 - 2000 микродюймов	500
		на компаунд	Ni 35 - 75 микродюймов	35 миним.
6. TaN - TiW - AuCu - Ni* - Au	ВЧ цепи большой мощности, а также ВЧ цепи с малыми потерями, цепи питания с резисторами	Pb/Sn - пайка	TaN 25 - 100 ом/квадрат	50
			TiW 300 - 500 Ангстрем	300
		Крепление провода на компаунд	Au 3000 - 5000 Ангстрем	3000 миним.
			Cu 50 - 2000 микродюймов	500
			Ni 35 - 75 микродюймов	35 миним.
			Au 20 - 100 микродюймов	40 миним.

* - опционально.

Свойства применяемых подложек

Таблица Т-3. Свойства применяемых подложек.

СВОЙСТВА	ПОЛИКОР 99.5%	ПЛАВЛЕННЫЙ КВАРЦ	ОКСИД БЕРИЛЛИЯ 99.5%	НИТРИД АЛЮМИНИЯ
Диэлектрическая постоянная - E _r @ 10 ГГц	9.8	3.78	6.6	8.7
Тангенс угла потерь @ 10 ГГц	0.0002	0.0001	0.0003	0.001
Коэффициент теплового расширения (PPM/°C)	6.7	0.5	7.5	4.5
Теплопроводность (Кал/См*Сек**°C)	0.088	0.0033	0.6	0.4
Объемное удельное сопротивление (Ом*см)	1,00E+15	1,00E+15	1,00E+15	1,00E+14
Диэлектрическая прочность (КВ/мм)	7.9	100	14	>10

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700

ATC Europe
+46 8 6800410

ATC Asia
631-622-4700

МЭИ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61

sales@atceramics.com

sales@atceramics-europe.com

sales@atceramics-asia.com

import@may.ru

Сравнение тонкопленочных резисторов на основе NiCr и TaN*Таблица Т-4. Сравнение тонкопленочных резисторов на основе NiCr и TaN.*

Свойства	TaN	NiCr
Отличительные особенности	Высокая температура обработки, работа в жестких атмосферных условиях	Низкий температурный коэффициент сопротивления
Типовое поверхностное сопротивление (Ом/квadrat)	25 - 100	25 - 200
ТКС (ppm/°C в диапазоне от -25 до +125°C)	от -50 до -100	от 0 до 50
Стабильность (изменение сопротивления после 1000 часов работы при температуре 125°C)	0.02%	0.02%
Рекомендуемая процедура стабилизации	1/2 часа при 400°C	1 час при 325°C
Рекомендуемая окружающая среда	Воздух или Инертный газ (Ar)	Инертный газ (Ar) или наличие пассивационного слоя
Максимальное температурное воздействие при обработке	до 1/2 часа при 350°C	до 1/2 часа при 250°C

Используемые травящие растворы*Таблица Т-5. Используемые травящие растворы.*

Тип слоя	Травитель	Температура травления
Au	4g - Potassium Iodide + 1g - Iodine + 14ml - DI Water	50 ±5°C
Cr	5g - Ceric Ammonium Nitrate + 4ml - Nitric Acid (70%) + 50ml - DI Water	25 ±5°C
Cu	5ml - Nitric Acid (70%) + 5ml - DI Water	25 ±3°C
Ni	25ml - Nitric Acid (70%) + 15g - Ammonium Persulfate + 100ml - DI Water	25 ±3°C
NiCr	10g - Ceric Ammonium Nitrate + 10ml - Nitric Acid (70%) + 100ml DI Water	25 ±3°C
Pd	3g - Potassium Dichromate + 260ml - Phosphoric Acid (85%) + 20ml Hydro-chloric Acid (37%) + 120ml - DI Water	25 ±3°C
TaN	50ml - Nitric Acid (70%) + 100ml - Hydrofluoric Acid (49%) + 50ml DI Water	25 ±3°C
TiW	Hydrogen Peroxide (30%)	40 ±5°C

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибутор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Предупреждение: работа с травителями должна проводиться в хорошо вентилируемом помещении, и только специально подготовленным персоналом в спецодежде. Дополнительную информацию по процессу травления можно получить на фабрике АТС.

Свойства улучшенных переходных отверстий (ENHANCED VIAS™)

Улучшенные характеристики:

- Низкое сопротивление переходного отверстия благодаря увеличенной толщине слоя металлизации.

Повышенная надежность:

- Соединение не зависит от адгезии проводящего слоя отверстия к его стенкам, и поэтому возможные вспучивания проводящего слоя (могут достигать до 50% периметра отверстия) не влияют на надежность и характеристики соединения.

- Слой металлизации соединяющего канала перекрывает верхнюю и нижнюю контактные площадки.

- Возможность контроля параметров соединяющего канала после формирования отверстия.

Сравнительно низкая стоимость: всего на 20% дороже стандартного переходного отверстия. Быстрое время изготовления: использование улучшенных отверстий увеличивает срок изготовления на 1-2 дня.

Рекомендации по проектированию и спецификации улучшенных переходных отверстий (ENHANCED VIAS™)

Рекомендации по проектированию и спецификации улучшенных переходных отверстий приведены в таблице Т-6 и на рисунке Т-6.

Таблица Т-6. Спецификации улучшенных переходных отверстий.

Параметр	Обозначение (см. рис.7)	Ограничения / Рекомендации
Диаметр отверстия	D	Мин.: 0.6 * T
		Ном.: >=1 * T
Ширина "обода" отверстия	W	Мин.: 0.002"
		Ном.: 0.005" - 0.025"
Толщина "обода" отверстия	TR	400 +/- 200 микродюймов
Номинальное сопротивление постоянному току (МОм) [значения T и D подставляются в миллидюймах, а TR и H - в микродюймах]		$(318 * T) / (D * (TR+H))$

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

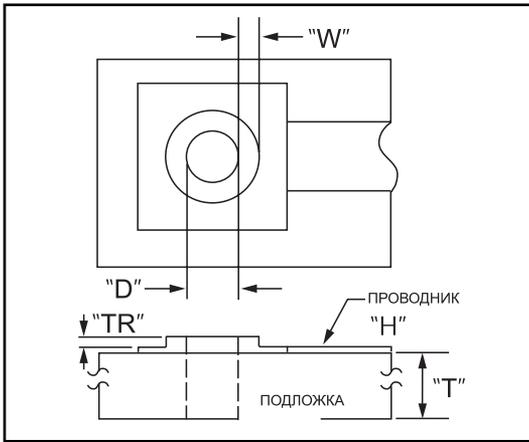
ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Рисунок Т-6. Улучшенное переходное отверстие.



Воздушные перемычки

Рекомендации по проектированию и спецификации воздушных перемычек приведены в таблице Т-7 и на рисунках Т-7 и Т-8.

Рисунок Т-7. Схема воздушной перемычки.

Рисунок Т-8. Воздушная перемычка.

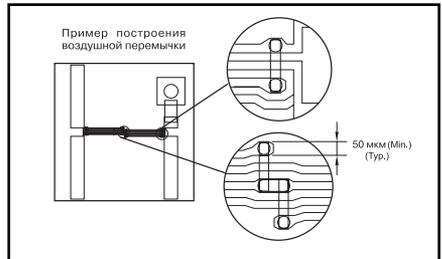
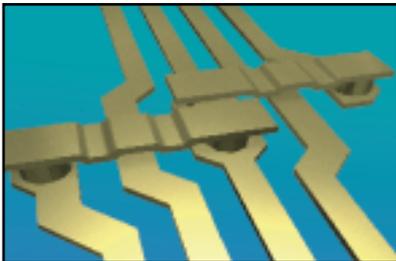


Таблица Т-7. Спецификации воздушных перемычек.

Параметр	Ограничения / Рекомендации
Минимальный промежуток между проводниками	12,5 микрон
Минимальная толщина проводника	12,5 микрон
Минимальный диаметр основания опоры	50 микрон
Минимальный диаметр опоры	30 микрон
Высота перемычки	7,5- 12 микрон
Минимальная ширина перемычки	30 микрон
Диэлектрик	Воздух (допускается Полиимид)

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Общие рекомендации по конструкции различных элементов.

Таблица Т-8. Общие рекомендации по конструкции различных элементов.

Проводники	Минимальная ширина проводника / минимальная ширина зазора между проводниками	12,5 мкм
	Точность выдержки ширины проводника	5 микрон стандартно
	Точность выполнения зазора между проводниками	2,5 микрон по требованию
	Минимальный размер металлизированного «обода» вокруг переходного отверстия (D - диаметр отверстия)	125 микрон + D
Резисторы	Минимальный допуск сопротивления	0.1%
	Минимальный размер зазора между резисторами	50 микрон
	Минимальная длина / ширина резистора	50 микрон
	Минимальный размер для терминирования	75 x 75 микрон
	Рекомендуемая предварительная подгонка номинала резистора	-20%
	Номинальное поверхностное сопротивление (Ом / квадрат)	10 - 200
	Предпочтительное поверхностное сопротивление (Ом / квадрат)	50 или 100
Металлизи- рованные переходные отверстия	Минимальное отношение размеров (диаметр переходного отверстия : толщина подложки)	0.6:1
	Минимальный допуск	50 микрон
	Минимальное расстояние от края переходного отверстия до края подложки (Т - толщина подложки) или соседнего отверстия	T
	Минимальный допуск на расположение центра отверстия	25 микрон
Подложки	Минимальный допуск на толщину подложки	2,5 микрон
	Минимальный допуск на длину / ширину подложки	25 микрон
	Шероховатость поверхности (в ангстремах) - среднее арифметическое отклонение профиля поверхности от средней линии	500- 2600
	Минимальное значение выпуклости (только шлифовка)	5 микрон /мм
	Типовое значение выпуклости (шлифовка)	12,5 микрон /мм
	Типовое значение выпуклости (после отжига)	50 микрон /мм

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru

Таблица Т-8. Общие рекомендации по конструкции различных элементов (продолжение).

Формат данных	DXF, DWG, GDSII, Gerber (При использовании других форматов необходимо вначале проконсультироваться со специалистами АТС)	
	Структуры на чертеже должны быть образованы замкнутыми полилиниями с шириной 0	
	Минимальное перекрытие резистивного и проводящего слоя (при соединении краев резистора с проводником)	50 микрон

Методы проверки качества.

Визуальный - 100%

Согласно стандарту MIL-STD-883C, метод 2032 Класс В (используется как минимум микроскоп с 10X увеличением)

Пространственный - AQL (допустимый уровень качества)

- Проверка правильности нанесения слоя при помощи трафарета: микроскоп
- Проверка подложки: микрометр и набор калибров

Проверка резисторов - AQL (допустимый уровень качества)

Двух контактный пробник.

Проверка адгезии - AQL (допустимый уровень качества)

Тест на отрыв специальной ленты (3М #610).

Прочие методы

Определяются заказчиком.

Информация необходимая для заказа.

Подложки: Необходимо указать размер и тип подложки, метод обработки ее поверхности и допуски на размеры.

Резисторы: Необходимо указать тип, номинал резистора, точность резистора после термической обработки, время и температуру термической обработки.

Проводящие пленки: Необходимо указать тип, толщину и допуск на размеры.

Общие требования: Спецификации и критерии тестирования готового изделия.

Схема слоев (чертежи слоев): Чертежи всех слоев в едином масштабе или компьютерный файл соответствующего формата.

Методы обработки: Температурные режимы обработки, типы пайки и т.д.

A M E R I C A N T E C H N I C A L C E R A M I C S

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru



WWW.ATCERAMICS.COM

AMERICAN TECHNICAL CERAMICS
COMPONENT AND CUSTOM INTEGRATED PACKAGING SOLUTIONS
FOR RF, MICROWAVE AND TELECOMMUNICATIONS

ATC North America
631-622-4700
sales@atceramics.com

ATC Europe
+46 8 6800410
sales@atceramics-europe.com

ATC Asia
631-622-4700
sales@atceramics-asia.com

МЭЙ - дистрибьютор в России
+7 (095) 913-51-61
import@may.ru