

Преимущества использования технологии низкотемпературной керамики для реализации радиоэлектронных устройств

Яков Перцель, Андрей Яковлев (г. Омск)

В статье описывается типовой процесс изготовления многослойных керамических плат по технологии низкотемпературной керамики LTCC. Показаны преимущества использования данной технологии в производстве радиоэлектронных изделий.

Тенденции миниатюризации, повышения требований к надёжности изделий, увеличения скоростей передачи данных приводят к необходимости использования современных конструктивно-технологических решений в проектировании и производстве радиоэлектронных изделий. Традиционные печатные платы из стеклотекстолита, широко использующиеся в качестве основы изделий, производимых с применением поверхностного монтажа, имеют ограниченную область применения.

Требования рынка диктуют необходимость создания миниатюрных высокочастотных радиоэлектронных устройств, обладающих высочайшей надёжностью и уникальными эксплуатационными характеристиками. Один из возможных вариантов решения подобной задачи – применение в качестве основы многослойных керамических плат, изготовленных по технологии LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic, низкотемпературная керамика, спекаемая за одну технологическую операцию).

Технологическим новшеством являются работы по созданию и промышленному внедрению технологий изготовления радиоэлектронной аппаратуры на основе низкотемпературной керамики. Следует подчеркнуть, что в

мире едва ли найдётся десяток радиоэлектронных компаний, успешно реализовавших подобную технологию на уровне устройств и систем.

В настоящее время ведутся работы по созданию элементной базы и функциональных устройств различного назначения, выполненных по технологии LTCC в виде трёхмерных интегрированных структур. Это позволит существенно расширить диапазон рабочих частот, улучшить показатели надёжности и массогабаритные характеристики вновь создаваемых средств радиосвязи.

Технология LTCC в настоящее время быстро развивается и успешно применяется в различных областях, например, для производства микросхем ВЧ и СВЧ низкой и средней степени интеграции. В относительно низкой частотной области на базе LTCC-подложек изготавливаются устройства для аппаратуры GSM, CDMA, TDMA и Bluetooth, а в области миллиметровых волн популярными становятся приложения MMDS и LMDS. Технология LTCC обеспечивает недорогое решение для массового производства коммерческих и специальных устройств.

Одним из основных отличий низкотемпературной керамики от высокотемпературной является спекание слоёв при температуре ниже 1000°C, что

даёт возможность работать с пастами на основе золота, серебра и меди (с малым удельным сопротивлением).

Технология LTCC позволяет создавать трёхмерные платы с высокой плотностью монтажа, с интегрированными пассивными элементами и нормированными волновыми параметрами. Совместное обжигание всех слоёв повышает надёжность такой «печатной» платы как в процессе производства, так и при эксплуатации в самых жёстких условиях.

На современном уровне развития отечественной технологии LTCC стало возможным создание коммутационных керамических плат с разрешающей способностью проводник/зазор 50/50 мкм. Достижение этих параметров обеспечивает высокие электрические и эксплуатационные характеристики, их высокую повторяемость в серии, значительный выигрыш в массе и габаритах изделий и позволяет конкурировать с зарубежными производителями.

Наряду с улучшением массогабаритных характеристик создаваемых технических средств и повышением их надёжности, технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики, при современном техническом уровне оборудования, позволяет выпускать устройства без дополнительной регулировки и подстройки, с высоким процентом выхода годных изделий. Реализуемые параметры коммутационных плат для устройств и систем различного назначения на основе LTCC приведены в таблице.

Существующая технология изготовления керамических плат обусловлена широкой прогнозируемой номенклатурой устройств, которые могут быть реализованы с использованием LTCC:

- антенны СВЧ-диапазона;
- направленные ответвители;
- фильтры различного назначения для малогабаритной РЭА;
- фазовращатели СВЧ-диапазона;
- устройства генерации и стабилизации частоты;

Реализуемые параметры устройств, изготовленных по технологии LTCC

Наименование параметра	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц	До 10
Размер платы, мм	До 120 × 120
Количество слоёв платы	До 40
Минимальный диаметр переходного отверстия, мкм	100
Разрешение проводник/зазор, мкм	50/50
Диапазон номиналов интегральных резисторов, кОм: – внутренних слоёв – наружных слоёв	До 5 До 50
Удельная ёмкость одного слоя конструктивного конденсатора, пФ/мм ²	0,4...1,8
Диапазон номиналов индуктивностей, нГн/м	250...500

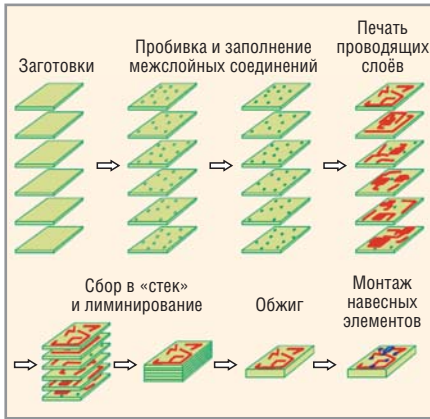


Рис. 1. Типовой технологический процесс изготовления многослойной керамической платы по технологии LTCC

- синтезаторы и преобразователи частоты;
- частотноизбирательные драйверы АЦП;
- дискретные конденсаторы;
- аттенуаторы и др.

Возможности технологии LTCC позволяют учитывать параметры материалов и допуски на геометрические размеры при значительном (в разы) уменьшении габаритов элементов. Кроме этого, с учётом характеристик оборудования по производительности и точности, изготовление перечисленных выше устройств возможно в необходимых количествах.

Технология LTCC предусматривает изготовление многослойных плат на керамической основе из отдельных листов, на которых предварительно сформированы межслойные и теплоотводящие отверстия, элементы полостей и окон и методом трафаретной печати нанесены проводниковые, диэлектрические и резистивные элементы. Технология LTCC позволяет изготавливать внутренние (скрытые) пассивные элементы (резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности) в объёме модуля. Резисторы могут быть сформированы и на внешних слоях. Одиночные листы собираются в пакет, который подвергается прессованию при определённых значениях температуры и давления. Если допуск на линейные размеры не критичен, собранный пакет может быть предварительно разделён на отдельные платы.

Пакет или отдельные платы обжигаются в одном цикле. Температура обжига для стеклокерамики LTCC ниже 900°C, что делает возможным обжиг золотых и серебряных проводников.

Типовой технологический процесс изготовления многослойной керами-

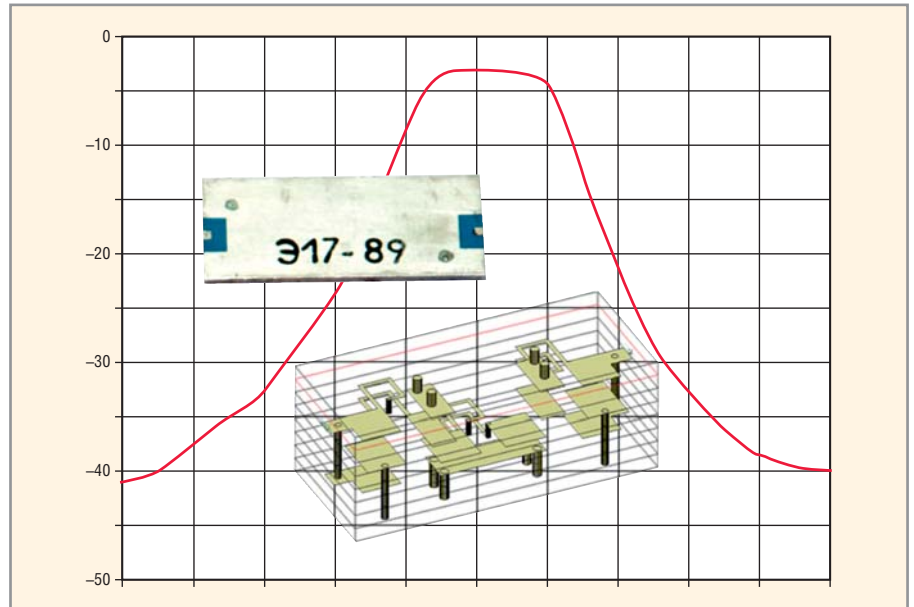


Рис. 2. Конструкция и АЧХ экспериментального фильтра, изготовленного по технологии LTCC

ческой платы по технологии LTCC схематично показан на рисунке 1, а один из возможных вариантов полосового фильтра размерами 12 × 6 × 1 мм на частоту 1400 МГц и его характеристики – на рисунке 2.

Полученные характеристики экспериментальной партии данных элементов позволяют сделать вывод о том, что данная технология обеспечивает получение элементов селекции и других СВЧ-устройств, имеющих минимальные разбросы параметров, в широком диапазоне частот и применений без подстройки. Освоенные процессы моделирования и конструирования СВЧ-устройств позволяют разрабатывать

перечисленные выше элементы СВЧ-тракта. Аналогичные результаты получены в части моделирования и конструирования антенных вибраторов и ячеек для антенных решёток на основе LTCC-плат, а изготовленные устройства в диапазоне от 100 МГц до 3 ГГц позволяют получать необходимые параметры с малым разбросом.

Таким образом, в настоящее время ведётся ряд работ, направленных на создание элементной базы и функциональных устройств различного назначения, выполненных по LTCC-технологии в виде трёхмерных интегрированных структур для перспективной радиоаппаратуры. ©