

Особенности и преимущества производства многослойных структур на основе керамики (LTCC, HTCC, MLCC)

Сергей ЧИГИРИНСКИЙ
Sergey.Chigirinsky@ostec-smt.ru

Низкотемпературная керамика (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC), высокотемпературная керамика (High Temperature Co-fired Ceramics, HTCC) (рис. 1а) и многослойные керамические конденсаторы (Multilayer Ceramic Capacitor, MLCC) (рис. 1б) широко используются в устройствах для телевидения, телекоммуникаций, медицины, а также для военных и космических отраслей. Развитие глобальных сетей вызвало повышенный интерес к LTCC-технологии: на ней основаны высокочастотные модули обмена данными, благодаря возможности повышения степени интеграции, снижения размеров компонентов и, конечно, предельным рабочим параметрам. HTCC-технологию применяют в микроэлектронике для корпусирования сенсоров, SMD, оптических и силовых элементов, в качестве нагревателей и теплоотводов, а также при производстве интегральных схем и компактных модулей. Одно из ос-

новных отличий низкотемпературной керамики от высокотемпературной — спекание слоев при температуре ниже 1000 °С, что дает возможность работать с пастами на основе золота, серебра и меди (с малым удельным сопротивлением). В свою очередь и MLCC пользуются все большей популярностью, например, в автомобильной промышленности, благодаря малым массо-габаритным параметрам и низкому уровню потерь в сочетании с высокой емкостью [1].

Как правило, отечественные компании, выпускающие компоненты на основе керамики, имеют либо устаревшее оборудование, на котором невозможно создать продукт хорошего качества (не говоря уже о конкуренции с зарубежными производителями), либо собирают линии из оборудования зарубежных производителей. В последнем случае традиционной проблемой является отсутствие одной фирмы, ответственной за качество конечного продукта. При этом каждая единица оборудования, входящая в состав линии, может иметь отличные технические характеристики по конкретной операции. Но в конечном итоге отработка полного производственного цикла бывает затруднена, а иногда и невозможна, из-за различных стандартов работы оборудования, которые используются производителями данных приборов. Таким образом, при организации собственного производства керамических компонентов необходимо учитывать, что сегодня существует огромное количество производителей оборудования, но лишь немногие могут обеспечить полный приборный спектр, закрывающий весь технологический процесс. К сожалению, конкурентоспособного российского оборудования для производства многослойной керамики на данный момент нет.

Остановимся на кратком описании проблем при промышленном производстве многослойной керамики. Необходимо отметить, что описанный ниже технологический процесс можно отнести к типовым процессам, и в зависимости от конкретных требований, предъявляемых к конечному продукту, некоторые этапы могут добавляться, дублироваться или не выполняться (рис. 2).

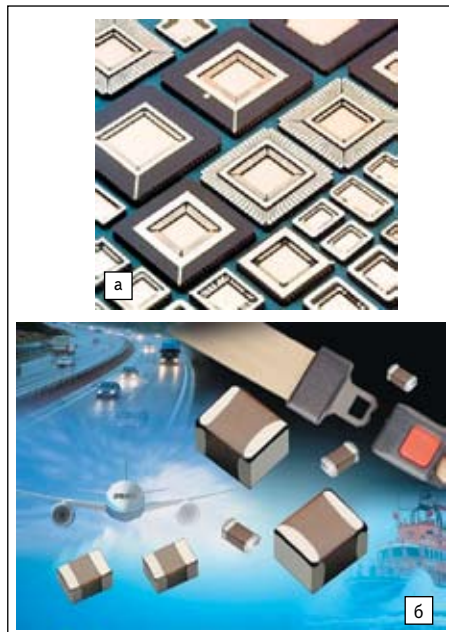


Рис. 1. Примеры керамических компонентов: а) металлокерамические корпуса (HTCC); б) многослойные керамические конденсаторы (MLCC)

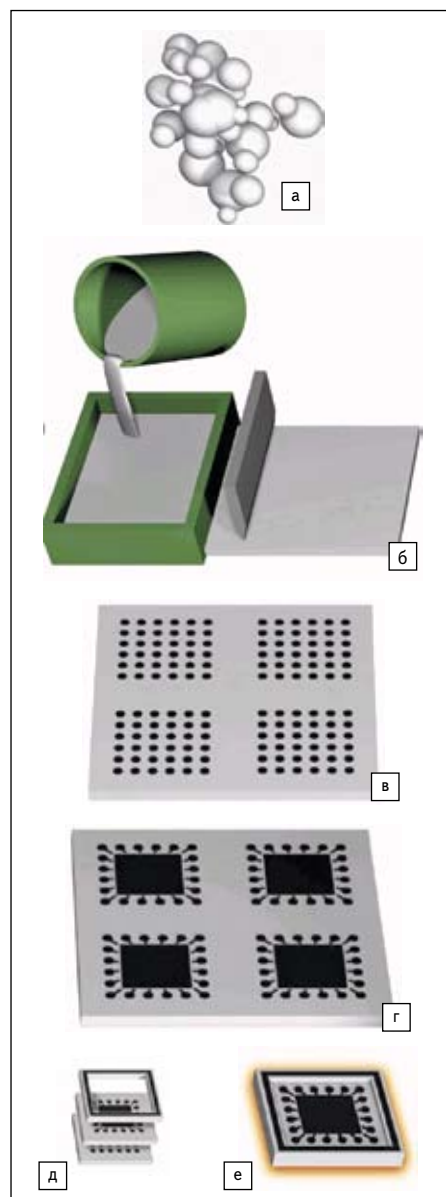


Рис. 2. Типовой маршрут изготовления многослойной керамики: а) подготовка керамической суспензии; б) отливка керамической ленты; в) формирование отверстий, заполнение отверстий; г) формирование топологии; д) резка, совмещение и ламинирование; е) спекание

На первом этапе осуществляется подготовка суспензии (шликера) для последующей отливки керамической ленты. Важным моментом является создание качественного шликера — это сложный процесс, от которого в первую очередь зависит качество и характеристики керамики. Например, при ошибках в рецептуре могут возникнуть проблемы еще на этапе отливки. Разработка шликера — трудоемкая задача, выполнение которой зависит не только от квалификации и опыта научной группы, но и от оборудования, на котором производится отработка техпроцесса. В мировой практике все чаще используются услуги компаний, специализирующихся на разработке под заказ рецептуры приготовления шликера и паст металлизации под керамические ленты с конкретными параметрами. Современные машины отливки позволяют создавать ленты различной толщины, но необходимо помнить, что при смене толщины меняется и рецептура суспензии. Из отлитой ленты формируются карты (групповые заготовки). Дальнейшая обработка керамических карт зависит от применяемой технологии: LTCC, HTCC или MLCC.

Рассмотрим технологию производства низкотемпературной многослойной керамики. В данном случае производится формирование отверстий (переходных, реперных) и окон. При необходимости имеющиеся у ряда фирм оборудование позволяет размещать («утапливать») пассивные элементы внутри данной керамической карты. Далее проводится нанесение паст металлизации традиционным методом трафаретной печати. Существующие принтеры трафаретной печати позволяют не только наносить на керамику топологию проводников, но и заполнять выполненные перфорации, которые предназначены для создания внутренних проводников или теплопроводов. После контроля качества подготовленных слоев проводится их совмещение, пакетирование (или резка пакета на конечные элементы) и ламинирование (склейка) [2]. Возможны два варианта ламинирования: одноосное (при котором лента прессуется между двумя пластинами, например, при температуре 70 °С и давлении 20 МПа) и изостатическое (процесс прессования проходит в водной среде при тех же условиях, но при большем давлении). Процесс обжига готовой продукции по стандартному температурному профилю требует наличия качественной печи с возможностью создания однородной газовой среды и точного задания температуры для равномерного спекания и предотвращения деформаций, ведущих к повреждению всей структуры. Если из отожженного продукта необходимо получить более мелкие составляющие или придать ему другую форму, то возможны три варианта разрезания:

- с помощью специальных пил для получения прямоугольных форм (метод надежный и качественный);
- с помощью ультразвука (метод медленный и дорогостоящий);

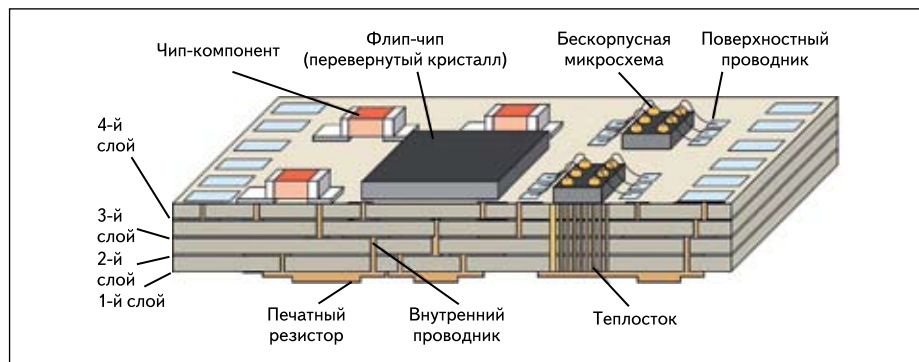


Рис. 3. Пример многослойной керамической структуры, изготовленной по технологии низкотемпературного обжига, со смонтированными поверхностными элементами

- с помощью лазера (плохое качество реза).

Конечной операцией в данной технологической цепочке, безусловно, является тестирование и контроль качества конечного продукта. Пример готового четырехслойного LTCC-компонента со смонтированными поверхностными элементами представлен на рис. 3 [3].

Основные преимущества LTCC-технологии:

- Более экономичное производство по сравнению с традиционной толсто пленочной технологией.
- Проектирование и производство 3D-контуров.
- Возможность вырезания ленты/подложки любой формы.
- Количество рабочих слоев не ограничено.
- Возможность размещения пассивных компонентов внутри подложки, что уменьшает размер контуров более чем на 50% по сравнению с печатными платами.
- Хорошая теплопроводность по сравнению с печатными платами.
- Рабочая частота свыше 30 ГГц.
- Рабочая температура до 350 °С.
- Температура обжига порядка 850 °С позволяет применять материалы с малым удельным сопротивлением, такие как золото и серебро, вместо молибдена и вольфрама, которые используются в высокотемпературной технологии.
- Каждый слой инспектируется до сборки модуля и, при необходимости, может быть

заменен, что повышает процент выхода годных изделий.

- Отличная герметизация слоев.
- Технологический цикл многослойных керамических модулей экологически чист и компактен.
- Отсутствие химических процессов.
- Многие процессы могут быть автоматизированы при серийном производстве.
- Сокращение производственных циклов по сравнению с обычными толсто пленочными технологиями.

Необходимо отметить, что технология LTCC практически не имеет недостатков, а преимущества многочисленны и очевидны [4]. Большинство этих преимуществ также относится к HTCC и MLCC, что обуславливает перспективность использования представленных технологий в процессе производства приборов и узлов современной микроэлектронной промышленности. ■

Литература

1. www.murata-europe.com
2. www.keko-equipment.com
3. Нака К. LFC-технология производства керамических подложек // Компоненты и технологии. 2007. № 5.
4. Handbook of advanced dielectric, piezoelectric and ferroelectric materials / Ed. by Zuo-Guang Ye. Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited, 2008.