

УДК 621.3.049.779

DOI 10.53403/9785951505170\_2021\_26\_2\_366

## Разработка электронных модулей из отечественных материалов по технологии LTCC

*Рассмотрен вариант модернизации конструкции бортовой аппаратуры спутниковой навигации (БАСН) с применением технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC), которая позволяет уменьшить габаритные размеры устройства.*

**А. Н. Агалаков\*, А. А. Алимов\*, Н. П. Буслаева\*,  
С. С. Деревягин\*, А. В. Кузнецов\***

В настоящий момент происходит интенсивное развитие спутниковых радионавигационных систем (СРНС), а вместе с ними – БАСН. В связи с увеличением функциональных возможностей устройств, ужесточением требований к массогабаритным характеристикам и стойкости к различным внешним воздействующим факторам (ВВФ), необходимо усовершенствование элементов конструкций.

Основная идея состоит в разработке одноплатного приемного тракта, включающего в себя аналоговую часть радиотракта (модуль РПУ), выполненную на многослойной печатной плате на основе стеклотекстолита, и цифровую часть (модуль НП), изготовленную в виде многослойной керамической платы по технологии LTCC. Модуль НП изготавливается в виде законченного конструктива, устанавливаемого на многослойную печатную плату модуля РПУ. Конструктивное исполнение составных частей реализовано таким образом, чтобы обеспечить минимизацию габаритных размеров и массы одноплатного приемного тракта в целом.

Модуль НП предназначен для:

- обеспечения корректного начального пуска составных частей БАСН при включении электропитания;
- решения задач управления режимами работы БАСН;
- программной поддержки процесса обработки принимаемых сигналов СРНС;
- программной реализации алгоритмов функционирования БАСН, обеспечивающих решение задачи поиска сигналов СРНС, а также решения навигационной задачи – определения текущих навигационных параметров (псевдодальности и псевдоскорости) и параметров движения объекта навигации (координат и составляющих вектора скорости);

---

\* Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова», г. Н. Новгород.

- взаимодействия (обмена данными) БАСН с внешними устройствами (системой управления объекта навигации) по последовательным каналам внешнего информационного обмена UART;
- хранения получаемых от внешних устройств данных, а также хранения (с необходимым обновлением) получаемой в процессе решения навигационной задачи информации;
- формирования признаков достоверности навигационно-временной информации;
- хранения специального программного обеспечения (СПО) БАСН в течение всего срока службы;
- контроля состояния аппаратных средств составных частей БАСН, качества принимаемых (храняемых, производимых) данных, а также контроля вычислительного процесса.

В ходе разработки модуля НП был рассмотрен вариант непосредственного монтажа кристаллов ИМС на МПП по технологии «Chip-on-Board» [1]. Кристалл микросхемы интегральной 1339ВП1Т (ТУ АЕЯР.431290.826. Часть 1) имеет высокую плотность контактных площадок по всем четырем сторонам (на каждой стороне 60 контактных площадок), и конструктивное исполнение системы межсоединений «кристалл ИМС – монтажное поле для размещения соединений на МПП» будет характеризоваться высоким значением дезинтеграции (отношение площади монтажного поля на МПП к площади кристалла ИМС [1]). Поэтому существенный эффект уменьшения габаритных размеров модуля НП от установки бескорпусной ИМС на МПП практически отсутствует.

Снизить дезинтеграцию активных компонентов при переходе на очередной иерархический уровень меж соединений позволяет технология LTCC [2]. В процессе изготовления многослойной керамической платы (МКП) по технологии LTCC возможно формирование сложных трехмерных структур. Для монтажа навесных компонентов в МКП возможно выполнение полостей. Полости могут быть как односторонними, так и двухсторонними, расположенными в одном или нескольких слоях. Данная конструкция была применена для изготовления варианта реализации модуля НП на основе МКП, выполненной по LTCC технологии.

Модуль НП является законченным конструктивным элементом, представляющим собой гибридную сборку на МКП активных и пассивных элементов, обечайки и крышки (рис. 1).

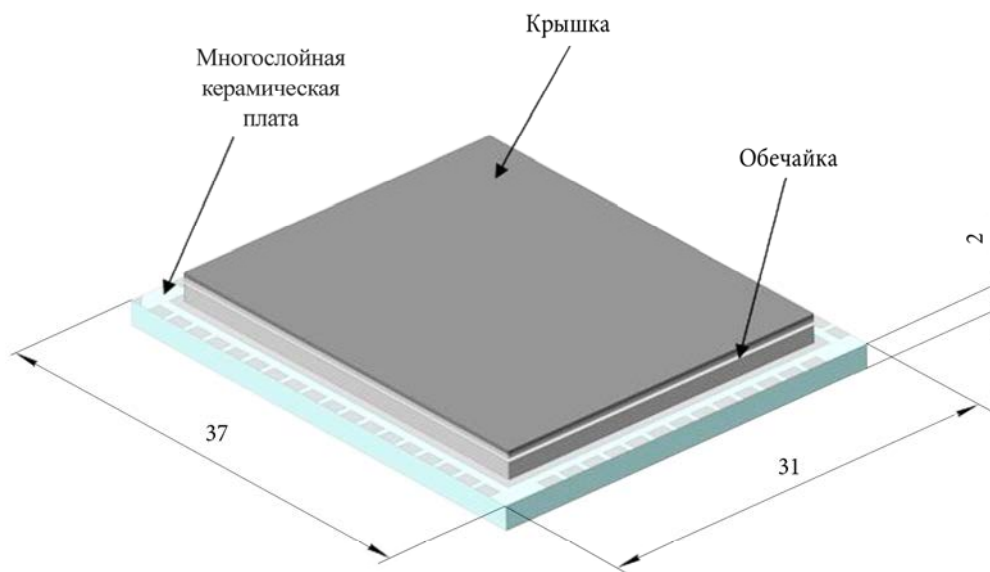


Рис. 1. Модуль НП – 3D модель

Все активные элементы (кристаллы ИМС) размещены с одной стороны МКП, пассивные элементы – с двух сторон (рис. 2, 3). Кристаллы ИМС располагаются в полостях, образованных вырезами определенной конфигурации в 4–5 слоях пленки из стеклокерамического материала (СКМ) (ТУ 6366-001-07622667-2008) в зависимости от количества выходных контактов на кристалле (рис. 4).

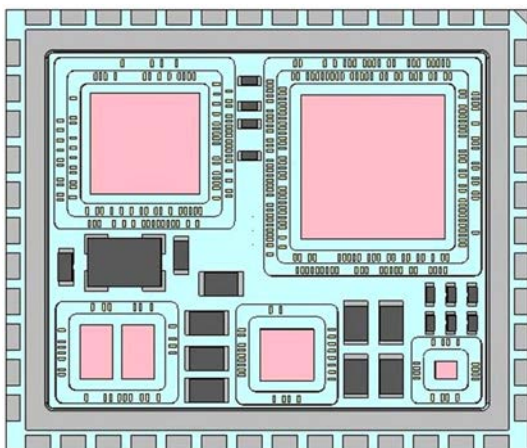


Рис. 2. Лицевая сторона модуля НП без крышки

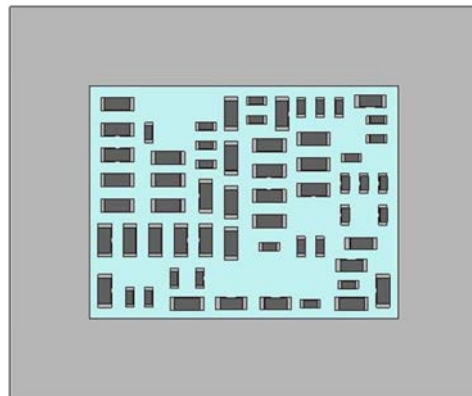


Рис. 3. Обратная сторона модуля НП без крышки

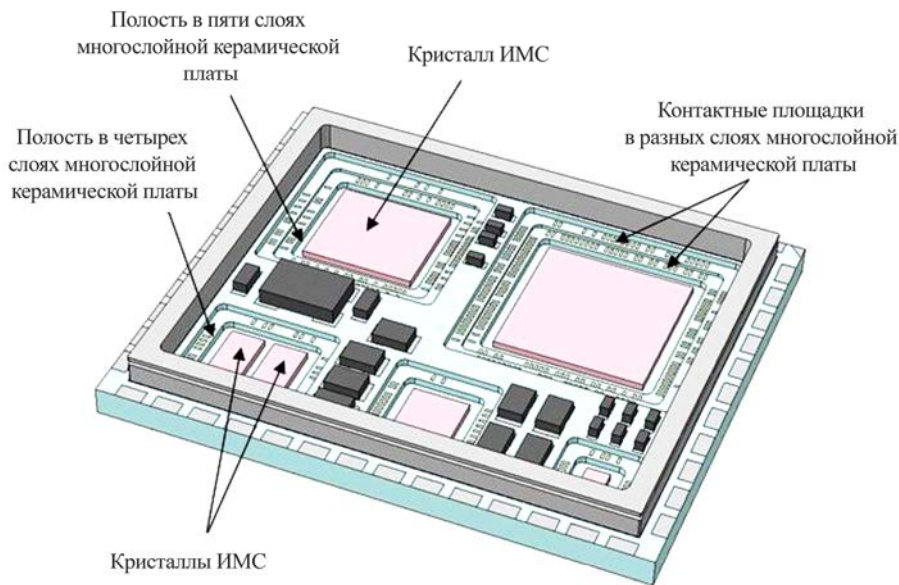


Рис. 4. Модуль НП – 3D модель без крышки

Из рис. 4 видно, что за счет размещения выходных контактных площадок на МКП в нескольких слоях пленки СКМ достигается высокая плотность меж соединений «кристалл ИМС – МКП». Кристаллы ИМС крепятся к МКП эпоксикремнийорганическим клеем ВК-58. Выводы кристаллов соединяются с соответствующими контактными площадками МКП проволокой АК 0,9 ПМ-25 методом автоматической термокомпрессионной микросварки.

Из рис. 1, 2, 4, 5 видно, что по периметру МКП с лицевой стороны расположены контактные площадки для соединения модуля НП с МПП (модулем РПУ). Материал контактных площадок – серебро.

Для защиты кристаллов ИМС модуля НП от негативных факторов внешней среды производится герметизация объема над МКП со стороны установки кристаллов. Над МКП создан объем, ограниченный обечайкой и крышкой. Обечайка устанавливается методом оплавления припойной пасты. Крышка крепится к обечайке методом лазерной сварки. Модуль НП герметизируют в аргонгелиевой среде в камере газонаполнения методом точечной лазерной сварки. Для снижения трудоемкости при серийном изготовлении целесообразно применять метод шовно-роликовой герметизации в газовой или вакуумной среде, при котором весь процесс герметизации, как правило, автоматизирован.

Таким образом, габаритные размеры модуля НП по результатам разработки составили (31×37×5,7) мм. Размеры аналогичного по функциональным характеристикам узла, разработанного ранее на основе МПП и с применением ИМС в корпусах с планарными выводами, равны (119,5×69,5×20) мм.

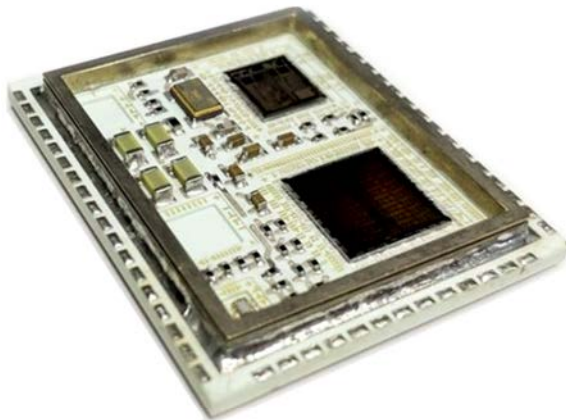


Рис. 5. Модуль НП – полученный образец

### Список литературы

1. Медведев А. Электронные компоненты и монтажные подложки. Постоянная интеграция // Компоненты и технологии. 2006. № 12.
2. Егоров Г., Капкин С., Стельмахович Л. и др. Многослойные керамические микросхемы. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика // Электроника: НТБ. 2006. № 3. С. 60–65.

## Development of Electronic Modules from Domestic Materials Using LTCC Technology

A. A. Agalakov, A. I. Alimov, N. P. Buslaeva, S. S. Derevyagin, A. V. Kuznetsov

*Considered variant of modernization of the design SNE using low-temperature together fired ceramics (LTCC) technology, which allows to reduce the overall dimensions of the device.*