

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРОБЛОКОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Введение

В настоящее время при проектировании изделий современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) особое внимание уделяется более полному удовлетворению требований стандартизации, в т.ч. типизации, агрегатированию и унификации на всех структурных уровнях. Однако для отдельных видов изделий РЭА, например специального назначения, ввиду жестких требований и ограничений по массе, габаритным размерам, конфигурации посадочных мест, а также характеристикам надежности, развивается направление конструктивного исполнения в виде микроблоков (МБ), которые являются функционально законченной конструкцией модульного типа. При этом область применения МБ определяется по основным классификационным признакам.

Классификационные признаки МБ

К основным классификационным признакам МБ относят следующие:

1. *Элементоемкость реализуемой схемы* является двусторонне ограничивающим критерием: при числе условных элементов (УЭ) менее 120 целесообразно реализовать схему в виде набора микросборок. При числе УЭ 120-250 схема конструктивно оформляется в МБ малой элементоемкости; при числе УЭ 250-1200 – в МБ средней элементоемкости; при числе УЭ 1200-5000 – в МБ большой элементоемкости (реализация цифровых схем с однородными структурами). Соответственно предельные габаритные размеры перечисленных классов МБ 50x50x25; 100x100x40 и 150x150x60 мм.

2. *Сравнительный конструкторско-технологический выигрыш* характеризует степень улучшения массогабаритных и надежность показателей МБ. Используются показатели преимущества МБ; по массе в 1,5–3,5 раза в зависимости от класса аппаратуры; по суммарной площади в 4-6 раз; по объему в 1,2–1,6 раза; по надежности в 5 - 10 раз в зависимости от конкретного конструктивно-технологического исполнения.

3. *Характер схемотехнического решения изделий РЭА*; наиболее просто реализуются в МБ большой элементоемкости цифровые и цифро-аналоговые схемы с небольшим числом аналоговых функциональных узлов. Например, схемы источников вторичного питания. мощные аналоговые схемы ($P_{сум} = 20-50 \text{ Вт}$). Такой вариант удобен для реализации в изделиях РЭА с числом микроплат до 10-12.

4. Условия эксплуатации и назначения аппаратуры определяют эффективность реализации РЭА в конструктивном исполнении МБ. Область использования МБ классифицируют по другим параметрам: надежности, адаптации к посадочным местам, технологическим особенностям и т.д.

Преимущества МБ реализуются при выборе конструктивных вариантов в соответствии с группой РЭА. При реально существующих разграничениях в проектировании РЭА, МБ, как изделия РЭА верхних структурных уровней, формируются на основе гибридной технологии. Можно сделать следующие выводы относительно соотношения двух основных гибридных технологий (тонко- и толстопленочной) для анализа соотношений использования их в проектировании МБ.

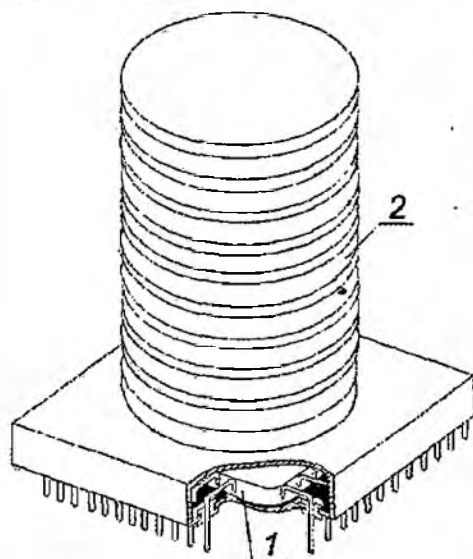
Преобладающей является толстопленочная, как наиболее гибкая, используемая в схемах различных групп РЭА, экономически наиболее эффективная для проектирования РЭА, реализующей большие мощности рассеяния и характеризующаяся простотой выполнения многослойных коммутационных полей:

– тонкопленочная технология обладает преимуществами в цифровой аппаратуре с выраженной симметрией схемных соединений;

- совмещенная технология используется для изготовления МБ с функционально неоднородным составом, сочетания цифровых, цифро-аналоговых мощных усилительных устройств
- МБ также классифицируются по основным принципам конструктивного исполнения:
 - модульная конструкция, заключающая в едином корпусе набор функциональных устройств, реализованных на отдельных, равноразмерных подложках;
 - МБ, конструктивно выполненный на ячейках с разноразмерными подложками при условии реализации цифровых схем с однородными структурами;
 - отдельные схемы аппаратуры телеметрии и телеуправления с повышенной мощностью, схемы источников вторичного электропитания выполняются в виде небольших МБ с одной крупноформатной или несколькими подложками;
 - небольшие и средних размеров МБ с набором 10-20 разноразмерных микроплат, в т.ч. реализация схем МБ с особыми требованиями по адаптации к посадочным местам

Особым исполнением отличаются конструкции МБ, к которым предъявляются следующие требования: ремонтпригодность, возможность подстройки ЭРЭ и узлов, повышенный уровень интеграции МБ, цифровых МБ и МБ с повышенной мощностью тепловыделения, а также МБ повышенной эксплуатационной надежности.

Конструкции МБ создаются с ориентацией на один или несколько основных классификационных признаков. Дальнейшее повышение уровня интеграции изделий РЭА до физически реализуемого предела при уже достигнутом знании принципов и законов, определяющих техническую сторону реализации микросхемных устройств, возможно на основе твердотельных МБ, конструкция которого представлена на рисунке, где 1 – керамический носитель кристаллов; 2 – наборной радиатор [1]. Требования повышения интеграции изделий РЭА при существующем росте степени интеграции твердотельных конструктивных элементов привели к созданию твердотельных микроблоков на основе бескорпусных микросхем и микросборок, скомпонованных на крупноформатных подложках, что позволяет приблизиться к максимально достижимой плотности упаковки в законченной конструкции с общим корпусом. Такой твердотельный МБ (см. рисунок) с размерами до 30x30x10 мм рассматривается как реальный уровень МБ с плотностью упаковки до 10^3 эл/мм² площади кристалла. Такая конструкция твердотельного МБ фирмы Amdahl с цилиндрическим радиатором, рассеивающим до 4,5 Вт выделяемой мощности при внешнем воздушном охлаждении [2] показана на рисунке



Элементная база микроблоков

Для МБ характерна общая для изделий РЭА тенденция слияния процессов разработки элементной базы и собственно изделия. В качестве основных конструктивных элементов в МБ используется унифицированная элементная база – микросхемы, БИС и СБИС в бескорпусном исполнении, элементная база частного применения, в т.ч. микросборки и т.д.

В настоящее время в МБ общего назначения используются:

– активная элементная база: бескорпусные микросхемы 35 – 40 серий, 200 – 250 типов бескорпусных транзисторов, 20 – 30 типов бескорпусных диодных и транзисторных матриц и сборок, а также бескорпусные стабилитроны и тиристоры;

– пассивная элементная база, в т.ч. толсто- и тонкопленочные резисторы, резисторные тонкопленочные сборки, толстопленочные конденсаторы, навесные элементы и узлы, высоко- и низкоомные прецизионные микрорезисторы, бескорпусные конденсаторы, а также микротрансформаторы и микрорезисторы переменного сопротивления [3].

В МБ изделий РЭА, реализующих цифровые и цифро-аналоговые схемы, используются диодные матрицы для формирования постоянных запоминающих устройств (ПЗУ) и различных схем дешифраторов. Опыт проектирования показал, что схемы типичных ПЗУ могут быть реализованы на подложке размером 24x36 мм при использовании толстопленочной технологии. Интенсивное развитие микропроцессорных схем привело к использованию последних в составе изделий РЭА, в т.ч. микроблочного исполнения. Для специализированных МБ элементная база расширяется. Например, при конструировании МБ малогабаритных передающих устройств наиболее существенной проблемой является микроминиатюризация узлов с кварцевыми резонаторами. Наиболее миниатюризованными компонентами данного типа, хорошо сочетаемыми с гибридными микроплатами и обеспечивающими стабильность не ниже $(\pm 1 \pm 1,5) \cdot 10^{-6}$, являются вакуумные кварцевые резонаторы в плоских корпусах с габаритными размерами 12x14x5,5 мм. Одновременно используются термостабильные материалы для изготовления тонкопленочных резисторов и высокодобротные миниатюрные катушки индуктивности.

Для МБ изделий РЭА, работающей при температуре до 300°C, например, аппаратуры для глубокой скважности нефтегазовой разведки, активные элементы формируются на основе К/МОП-технологии, но наиболее перспективно создание полупроводниковых приборов на основе фосфида галлия и других материалов с широкой запрещенной зоной. Для МБ приемно-усилительной РЭА наиболее существенной является проблема высокодобротных индуктивностей. Она не может быть решена использованием тонкопленочных индуктивностей для изделий РЭА с $f_{\text{раб}} = 5 - 100$ МГц, так как они не обеспечивают требуемой добротности и имеют большие габаритные размеры. Использование миниатюрных навесных катушек индуктивности также не дает положительных результатов, поскольку реализация индуктивности по своей физической природе требует пропорционального объема для создания потока сцепления для магнитного поля. Реальным выходом является создание микросхем, реализующих схемы имитаторов индуктивности, а также использование устройств функциональной микроэлектроники с индуктивным характером [4].

Современная элементная база позволяет разрабатывать многофункциональные МБ, реализовать схемы с использованием биполярных и полярных транзисторов и др. элементов. Используются также дискретные навесные элементы, в т.ч. круглые и плоские переключки, поглощающие нагрузки. Использование тонких полимерных пленок в качестве подложек значительно уменьшает габаритные размеры электрических схем, позволяет одновременно разрабатывать функциональные узлы с улучшенными электрическими характеристиками. Специфические узлы МБ формируются на основе подложек из полиимида, различных полиэфиров, четырехфтористого полиэтилена и т.д.

В элементной базе МБ активно используется толстопленочная элементная база, при этом большое внимание уделяется получению высокостабильных резисторов. Наряду с широко используемыми серебро-палладиевыми резистивными пастами интенсивно используются также перспективные пасты на основе благородных металлов: меди, никеля, алюминия, а также пасты на основе композиций, обеспечивающих высокую стабильность: Ag-Pd-RuO₂; RuIr; Pt-IrO₂; Bi₂Ru₇J₇; Cd-Al-B-MoO₃ [5].

В цифровых МБ для вычислительной аппаратуры перспективно использование устройств на основе магнитных полупроводников, а также объемных микросхем – МБ, формируемых на

основе гибридной технологии с максимально плотной упаковкой ЭРЭ, а также интегральных ферритовых устройств. Перспективы развития элементной базы МБ могут определяться и специальными исполнениями, например освоение такого направления микроэлектроники как вакуумные микросхемы, что приводит к созданию конструкций МБ, все элементы и узлы которых являются компонентами, большеформатной вакуумной микросхемы.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Область применения и конструктивное исполнение МБ определяется по основным классификационным признакам МБ.

Основными классификационными признаками МБ являются элементность реализуемой электрической схемы, сравнительный конструктивно-технологический выигрыш, характер схемотехнического решения изделий РЭА, условия эксплуатации и назначение аппаратуры.

Преимущества МБ реализуются при выборе конструктивных вариантов в соответствии с группой изделий РЭА на основе гибридной технологии.

В настоящее время в МБ общего назначения используется активная и пассивная элементная база, реализующие цифровые и цифро-аналоговые схемы для формирования в т.ч. постоянных запоминающих устройств, малогабаритных передающих устройств и других полупроводниковых приборов на основе современных перспективных материалов.

Список литературы: 1. Яшин А. А. Расчет неоднородной структуры с внутренней круговой областью при проектировании интегральных микроустройств // Изв. Вузов СССР. Радиотехника. 1982. Т. 25, № 11. С. 31-36. 2. Яшин А. А. Алгоритмы расчета интегрированных схем // Радиотехника. 1983. Т. 38, № 3. С. 3-9. 3. Яшин А. А. Расчет сопротивления пленочного резистора с переменной шириной методом приближенного конформного отображения // Радиотехника. 1974. Т. 29, № 9. С. 79 – 85. 4. Арефьев В. А., Алексеев В. А., Футина Л. А. и др. Опыт разработки низкотемпературной трубы для обеспечения теплового режима РЭА // Вопросы радиотехники. Сер. ТРТО. 1982. Вып. 1. С. 27-37. 5. Котух В. Г. Экспериментальные исследования технологических режимов герметизации корпусов микроблоков радиоэлектронной аппаратуры // Технология приборостроения. 1998. № 1. С. 30-34.

*Харьковский национальный
университет радиотехники,
ГП ХПЗ им. Т. Г. Шевченко,
ОАО «Укртелеком»*

Поступила в редакцию 05.09.2008