



ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ X-ДИАПАЗОНА НА КРЕМНИЕВОЙ КОММУТАЦИОННОЙ ПЛАТЕ

X-BAND TRANSMIT-RECEIVE MODULE ON SILICON COMMUTATION BOARD

УДК 621.3.049.776.422:621.396.96

ВОЛОСОВ АНАТОЛИЙ ВИКТОРОВИЧ¹

VOLOSOV ANATOLY V.¹

БАВИЖЕВ МИХАИЛ ДАНИЛЬЕВИЧ²

BAVIZHEV MIKHAIL D.²

КОТЛЯРОВ ЕВГЕНИЙ ЮРЬЕВИЧ¹

KOTLYAROV EVGENY YU.¹

ПАНАСЕНКО ПЕТР ВАСИЛЬЕВИЧ¹

PANASENKO PETR V.¹

¹ АО «НИИМЭ»

124460, г. Москва, г. Зеленоград,

1-й Западный проезд, 12, стр. 1

² АО «Научно-производственное предприятие «Радий»

¹ Molecular Electronics Research Institute JSC

12/1 1st Zapadny Lane, Zelenograd,

Moscow, 124460, Russia

² "Scientific Production Company "Radiy", JSC

Работа посвящена разработке конструкции и технологии изготовления кремниевой коммутационной платы (ККП), а также экспериментальным исследованиям приемопередающего модуля (ППМ) X-диапазона, реализованного на ее основе. Показано, что наряду с «классической» TSV технологией, для изготовления ККП могут быть использованы оригинальные конструктивно-технологические решения, доступные для российских кремниевых производств. Рассмотрен один из конструктивно-технологических вариантов, реализованный в ПАО «Микрон» и АО «НПП «Радий», приведены результаты экспериментальных исследований ППМ X-диапазона на кремниевой коммутационной плате. Показано, что рассмотренное конструктивно-технологическое решение позволяет достичь многократного улучшения массогабаритных показателей ППМ при сохранении электрических параметров по отношению к его реализации на основе низкотемпературной керамики или на многослойных полимерных печатных платах.

Ключевые слова: приемопередающий модуль; X-диапазон; TSV-технология; кремниевая коммутационная плата; тонкопленочные конденсаторы.

The work is devoted to the development of the design, the silicon commutation board (SCB) manufacturing technology and the experimental studies of the X-band transmit-receive module (TRM) realized on board basis. It is shown that along with the "classical" TSV technology for the manufacture of SCB, original design and technological solutions available to Russian silicon plants can be used. One of the constructive and technological options implemented in "Mikron" PJSC and "NPP "Radiy" JSC has been considered. The results of experimental studies of the X-Band TRM on a silicon commutation board have been presented. It has been shown that the considered constructive-technological solution allows achieving a multiple improvement of the TRM mass-dimension parameters while electrical parameters are not changing with respect to its implementation based on low-temperature ceramics or on multi-layer polymer printed circuit boards.

Keywords: transmit-receive module; X-band; TSV technology; silicon commutation board; thin-film capacitors.

Технологический процесс изготовления кремниевых коммутационных плат (ККП) в соответствии с конструктивно-технологическими принципами, изложенными в [1, 2], принципиально требует применения специализированного оборудования [3], которое в настоящее время в РФ имеется не в полном комплекте. Вместе с тем, учитывая некоторую специфику ККП для СВЧ-модулей, можно предложить несколько упрощенный вариант конструкции и технологии их реализации. Условный поперечный разрез такой платы показан на рис. 1.

Особенностью предложенного решения является отсутствие необходимости травления отверстий малого диаметра с высоким аспектным соотношением и последующего заполнения их металлом. Система многоразовных межсоединений и интегрированные конденсаторы типа «металл – диэлектрик – металл» реализованы обычными методами кремниевой технологии. СВЧ микрополосковые линии изготовлены на СВЧ печатных платах и смонтированы на ККП аналогично кристаллам ИС и МИС.

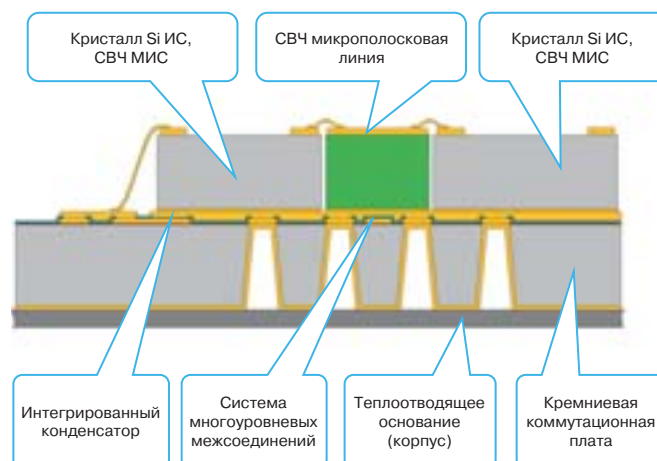
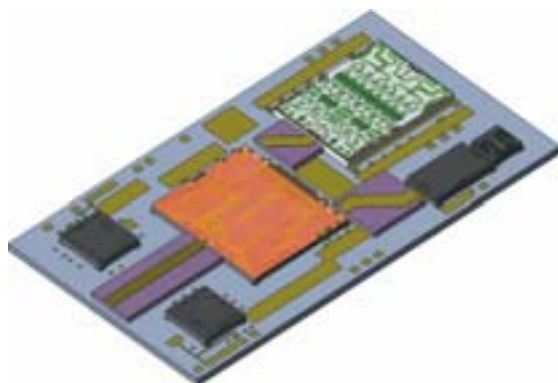
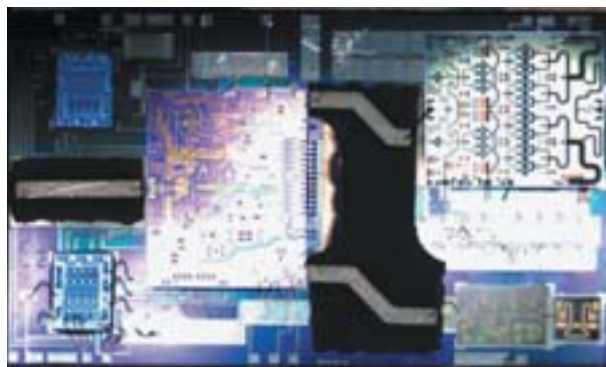


Рис. 1. Условный поперечный разрез реализованного ППМ



а



б

Рис. 2. 3D-модель (а) и фотография (б) экспериментального образца ППМ

Таблица 1

Параметр	Величина
Частотный диапазон, ГГц	8–12
Выходная импульсная мощность, Вт	15
Коэффициент шума, дБ	3,0
Количество разрядов фазовращателя	6
Количество разрядов аттенюатора	5
Габаритный размер модуля (ККП), мм	15×9

Внутримодульные межсоединения выполнены золотой проволокой методом термоультразвуковой сварки. 3D-модель ППМ X-диапазона и фотография экспериментального образца показаны на рис. 2.

Характеристики экспериментального образца одноканального ППМ приведены в табл. 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красников Г.Я., Панасенко П.В., Волосов А.В. Конструктивно-технологические принципы создания СВЧ элементной базы нового поколения на основе объемных технологий современной кремниевой микроэлектроники // Наноиндустрия. Спецвыпуск 2017 (74). — С. 529–530.
2. Красников Г.Я., Волосов А.В., Котляров Е.Ю., Панасенко П.В., Тишин А.С. Микроминиатюризация приемопередающих субмодулей см-диапазона // Наноиндустрия. Спецвыпуск 2017 (74). — Москва: Техносфера, 2017. — С. 455–457.
3. Dr. Zhen Liu. *3D Integration Opportunity and Plating Challenges*. SEMATECH Symposium Japan. 26 June 2012. Tokyo, Japan [www.sematech.org/meetings/archives/symposia/10315/Session 5](http://www.sematech.org/meetings/archives/symposia/10315/Session%205).

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 975 руб.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ – 3.1

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ЧЛ.-КОРР. РАН Ю.А. ЧАПЛЫГИНА

М: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 480 с.
ISBN 978-5-94836-423-0

Книга представляет собой сборник научных работ сотрудников и выпускников Национального исследовательского университета "МИЭТ" и касается развивающихся направлений нанотехнологий в электронике. Следует отметить, что каждая из статей – это законченный труд научно-исследовательского или аналитического характера, отражающий современное состояние исследований в обсуждаемых авторами областях.

Книга будет полезна специалистам в различных областях микро- и наноэлектроники, а также молодым исследователям – аспирантам и студентам-магистрантам.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 (495) 234-0110; 📠 +7 (495) 956-3346; knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru