С.В. Сковородников, Д.С. Перчаткина, Ю.А. Мордынская
ОАО «Завод Магнетон»

Ферритовый циркулятор поверхностно-монтируемый с контактами типа BGA

В статье описывается ферритовый циркулятор поверхностного монтажа с контактами типа BGA. Представлены основные электрические параметры и преимущества над альтернативными типами ферритовых циркуляторов.

Ключевые слова: феррит, циркулятор, СВЧ, SMD, BGA, поверхностный монтаж

Введение

Сегодня серийно выпускается несколько разновидностей ферритовых циркуляторов поверхностного монтажа. Они представляют собой либо классические ферритовые Y-циркуляторы, либо циркуляторы на сосредоточенных элементах – циркуляторы Кониши, в которых конструктивно организована передача СВЧ мощности от линии передачи на печатной плате к ферритовому резонатору. Они имеют ряд следующих недостатков: рабочая полоса частот лучших образцов не превышает 15%, предназначены для установки на печатные платы маленькой толщины (0,25 мм) и имеющие низкую диэлектрическую проницаемость, не более 4, рабочая частота, в силу конструктивных особенностей, у некоторых типов не превышает 4 ГГц.

В рамках научно исследовательских работ, проводимых на ОАО «Завод Магнетон», была разработана новая конструкция ферритового циркулятора поверхностного монтажа. Отличительной особенностью является организация контактов для передачи СВЧ мощности посредством шариков припоя. Это позволило организовать работу ферритового циркулятора в 3-х сантиметровом диапазоне частот с рабочей полосой более 20 %, использовать материал с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon \approx 10$ в качестве печатной платы, на которую он устанавливается, габаритный размер всего изделия вместе с посадочной площадкой на плате не превышает $\lambda/4$. Применение в конструкции термостойких материалов позволяет производить его монтаж при температуре в 230 С°.

Конструкция ферритового циркулятора поверхностного монтажа

Циркулятор представляет собой классический Y-циркулятор с контактами в виде шариков припоя согласованный в рабочем диапазоне частот (Рис. 1.).

Изготавливается данный тип циркуляторов методом вакуумного напыления металлов на ферритовую подложку и последующую фотолитографию для получения топологии. Технология позволяет вести процесс изготовления в едином технологическом цикле производства микрополосковых ферритовых вентилей и циркуляторов с применением групповых заготовок.

Конструкция приборов позволяет вести их монтаж на печатные платы машинным способом. Это позволяет многократно повысить производительность сборки модулей РЭА за счет автоматизации установки и пайки изделий на плате.

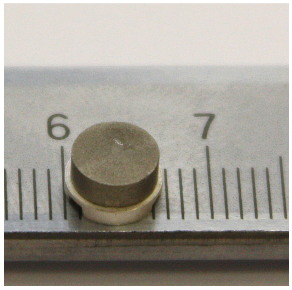

Рисунок 1

Рисунок 2

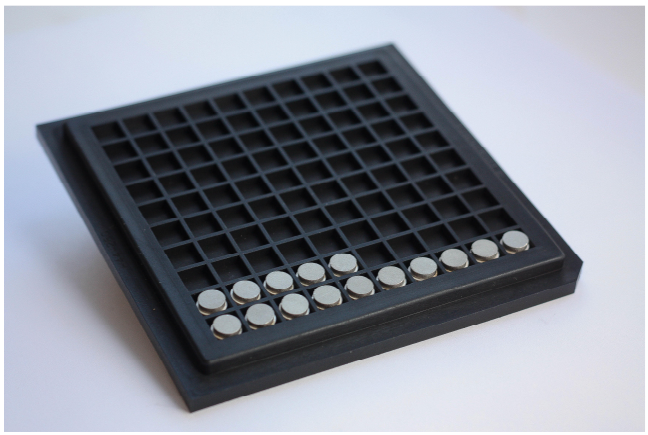
Рисунок 3

Электрические параметры

Перед изготовлением первой партии циркуляторов поверхностного монтажа было проведено моделирование, при помощи различных программных пакетов, основных электромагнитных параметров разрабатываемых изделий. Предварительные расчеты и результаты испытаний макетных образцов показали хорошее совпадение между собой.

Измеренные вносимые потери циркулятора показаны на графике без учета вносимых потерь подключающего устройства, которые составляют ≈0,7-1,0 дБ. Так же были проведены измерения основных электрических параметров в интервале температур.

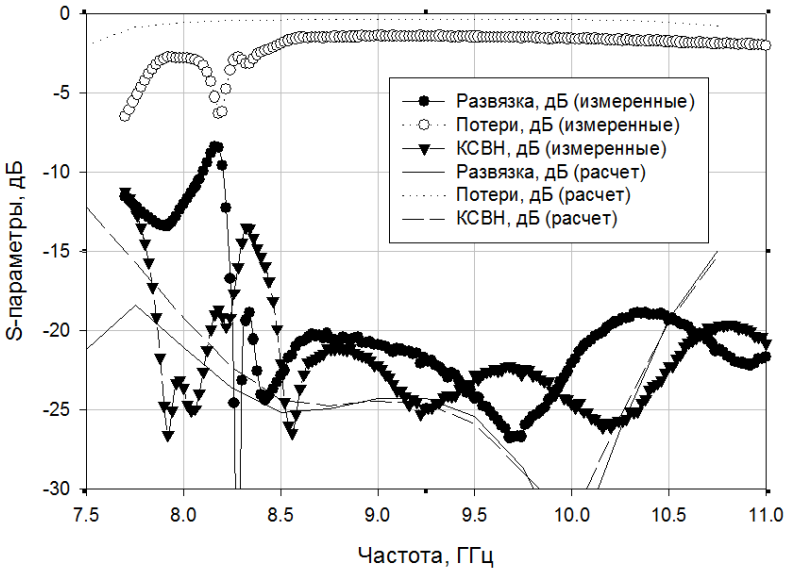

Рисунок 4

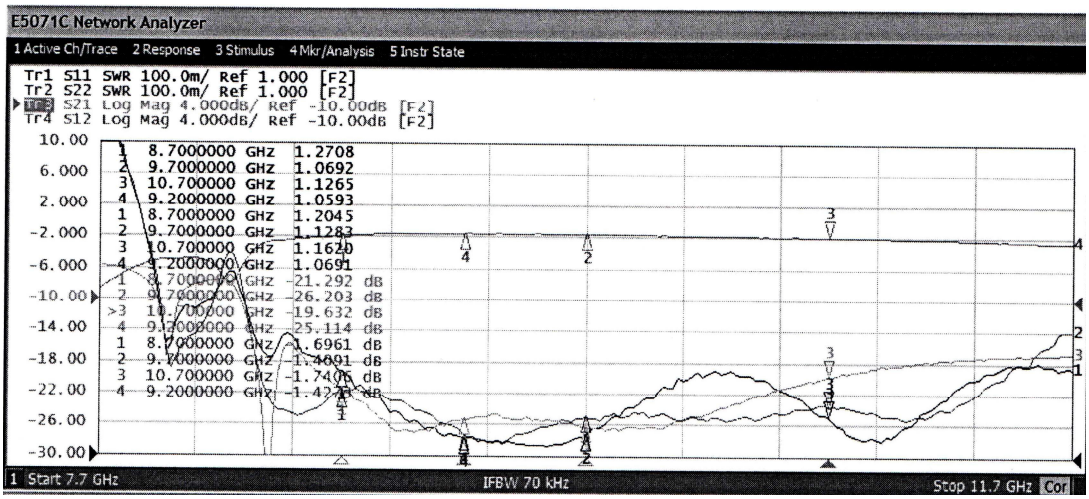

Рисунок 5

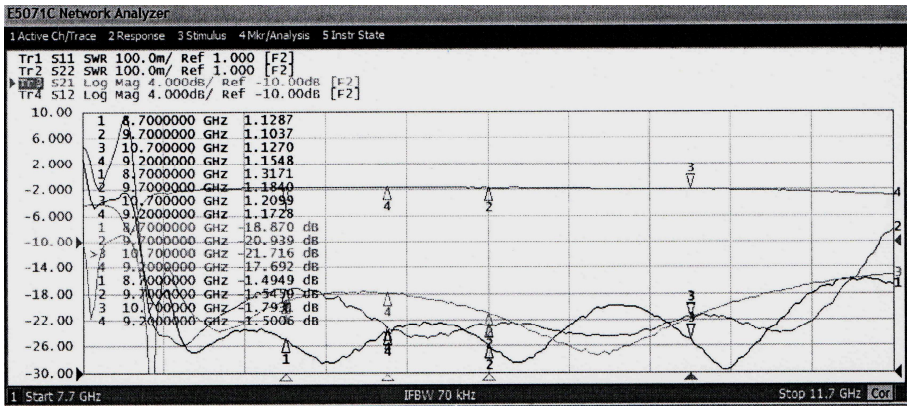

Рисунок 6

Заключение

В докладе представлен ферритовый циркулятор X-диапазона поверхностного монтажа. Разработка и серийное производство данных изделий позволит разработчика и технологам различной аппаратуры РЭА в значительной степени упростить конструкции изделий, увеличить производительность и технологичность их серийного и массового производства. Они также могут применятся в многофункциональных масштабируемых РЛС.

Библиографический список

1. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. М.: Физматлит, 1994. 464 с.
2. Лакс Б., Баттон К. Сверхвысокочастотные ферриты и ферримагнетики. М.: Мир, 1965.
3. Микаэлян А.Л. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах, М. – Л., Госэнергоиздат, 1963, 664с. с илл.
4. Вольман В.И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М. Радио и связь, 1982.
5. ГОСТ РВ 20.39.412-97 КСОТТ. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Общие технические требования. – Введ. 1997-09-18. – М. : Изд-во стандартов.
6. ОСТ В 11 480.007-84 ОТУ ПРИБОРЫ ФЕРРИТОВЫЕ СВЧ
7. Дмитриев В. А., Казанцев В. И. Ферритовые циркуляторы на основе кольцевых резонаторов // Автоматизированное проектирование устройств и систем СВЧ. —М.: МИРЭА, 1982.— С 179—193
8. Абрамов В. П. Невзаимные устройства на ферритовых резонаторах // М.: Радио и связь 1989, 200 с. с илл.
9. Вамберский М. В., Абрамов В. П., Казанцев В. И. Конструирование ферритовых развязывающих приборов СВЧ // Под ред. М. В. Вамберского. — М.: Радио и связь, 1982. — 136 с, ил. - (Б-ка радиоконструктора).
10. Сазонов Д. М., Гридин А. М., Мишустин Б. А. Устройства СВЧ // М: Высш. школа, 1981
11. B o s m a H. Принцип конструирования циркуляторов на полосковой линии // Proc. Inst. Electr. Eng., B109, 137S 1961
12. Philips Semiconductors, «Circulators and Isolators, unique passive devices» Application Note AN98035, 1998 г.