

КОНСТРУКЦИЯ ГИС С ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОТВОДА ОТ КОМПОНЕНТОВ

© 2012 г. В.А. ИОВДАЛЬСКИЙ, Н.В. ГАНЮШКИНА, В.Г. МОРГУНОВ,
С.В. ГЕРАСИМЕНКО, Д.С. ГРИНБЕРГ, И.Н. АЮПОВ

ФГУП «НПП «Исток», г. Фрязино

Введение

Развитие радиоэлектронной аппаратуры на базе ГИС СВЧ – диапазона сопровождается увеличением мощности используемых компонентов. В связи с этим, вопрос отвода выделяемого компонентами тепла становится особенно актуальным и, в ряде случаев, определяет возможность получения высоких электрических характеристик устройств.

Конструкторская часть

Еще в конце 80-х годов прошлого столетия появились индивидуальные системы теплоотвода от тепловыделяющих компонентов ГИС, встроенные в объем диэлектрической подложки [1]. В настоящее время такие системы теплоотвода широко используются в ГИС трёхмерных приёмопередающих модулей, выполняемых по технологии многослойных LTCC модулей [2].

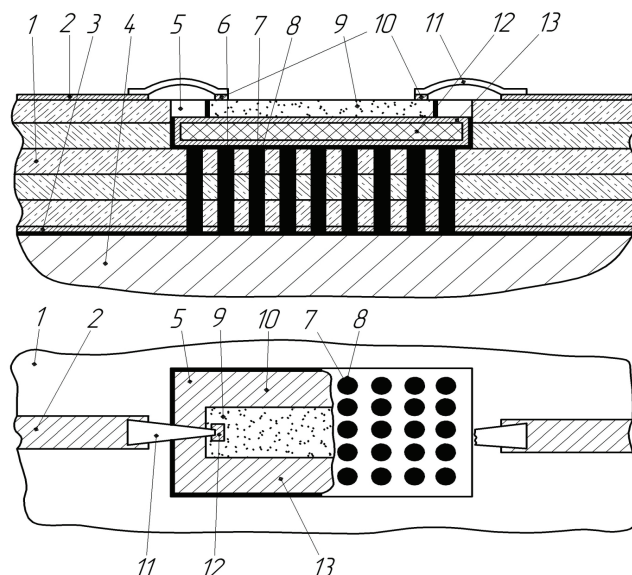


Рис. 1. Конструкция ГИС с множеством отверстий, заполненных электро – и теплопроводящим материалом, под теплорассеивающей пластиной, выполненной из алмаза с металлизационным покрытием, где: 1 - диэлектрическая подложка; 2- топологический рисунок металлизации; 3 – экранная заземляющая металлизация; 4 – металлическое теплоотводящее основание; 5 – углубление в диэлектрической подложке; 6 – дно углубления; 7 - сквозное отверстие; 8 - электро- и теплопроводящий материал; 9 - активный тепловыделяющий компонент; 10 - контактные площадки активного тепловыделяющего компонента; 11 - проволочные соединения; 12 - теплорассеивающая пластина, расположенная непосредственно на дне углубления, 13 - металлизационное покрытие, на лицевой стороне теплорассеивающей пластины 12 в случае ее выполнения из алмаза.

Предложена новая конструкция ГИС с встроенной системы теплоотвода [3]. Особенностью предложенной конструкции является применение теплорассеивающей пластины из материала с высокой теплопроводностью для расширения теплового потока (см. Рис. 1). Улучшение теплоотвода достигается тем, что в гибридной интегральной схеме СВЧ тепловой поток от тепловыделяющего компонента расширяется теплорассеивающей пластиной и отводится системой сквозных отверстий заполненных электро- и теплопроводящим материалом.

В конструкцию ГИС введена теплорассеивающая пластина с коэффициентом теплопроводности не менее 250 Вт/(м×град), которая расположена на дне углубления. Активный тепловыделяющий компонент расположен на противоположной – лицевой стороне теплорассеивающей пластины, толщиной $(0,025-0,5) \times 10^{-3}$ м, размером в плане превышающим соответствующий размер активного тепловыделяющего компонента. Сквозные отверстия заполнены электро- и теплопроводящим материалом с коэффициентом теплопроводности 100-430 Вт/(м×град) и расположены в плане равномерно.

Перепад температуры Δt по высоте от активного тепловыделяющего компонента до обратной стороны металлического теплоотводящего основания, толщина теплорассеивающей пластины h , отношение площади сквозного отверстия в дне углубления ко всей его площади W , коэффициент теплопроводности теплорассеивающей пластины λ , удельная плотность теплового потока между теплорассеивающей пластиной и обратной стороной металлического теплоотводящего основания q , площадь теплорассеивающей пластины S в плане находятся в следующей полиномиальной зависимости:

$$\Delta t(h, W, \lambda, q, S) = [P_1 \times h^3 + P_2 \times h^2 + P_3 \times h + P_4 + P_5 \times h^2 \times (1/W) + P_6 \times h \times (1/W) + P_7 \times (1/W) + P_8 \times (1/W)^2 + 10^{-3} \times P_9 \times (1/W)^3 + 10^{-3} \times P_{10} \times h \times (1/W)^2] \times q \times S,$$

где: Δt – перепад температуры по высоте от активного тепловыделяющего компонента до обратной стороны металлического теплоотводящего основания, °С; h – толщина теплорассеивающей пластины, м; W – отношение площади сквозного отверстия в дне углубления ко всей его площади, %; λ – коэффициент теплопроводности теплорассеивающей пластины, Вт/(м×град); q – плотность теплового потока между теплорассеивающей пластиной и обратной стороной металлического теплоотводящего основания, Вт/м²; S – площадь лицевой стороны теплорассеивающей пластины, м²; P_{1-10} – интерполяционные полиномы, где:

$$\begin{aligned} P_1 &= -455,646 + 0,444586 \times \lambda - 0,000335923 \times \lambda^2 + 1,54809 \times 10^{-7} \times \lambda^3 - 2,98231 \times 10^{-11} \times \lambda^4, \\ P_2 &= 377,843 - 0,375365 \times \lambda + 0,000285492 \times \lambda^2 - 1,30761 \times 10^{-7} \times \lambda^3 + 2,49428 \times 10^{-11} \times \lambda^4, \\ P_3 &= -88,6036 + 0,0878182 \times \lambda - 6,72438 \times 10^{-5} \times \lambda^2 + 3,04692 \times 10^{-8} \times \lambda^3 - 5,72084 \times 10^{-12} \times \lambda^4, \\ P_4 &= 16,5167 - 0,00944878 \times \lambda + 7,77748 \times 10^{-6} \times \lambda^2 - 3,47195 \times 10^{-9} \times \lambda^3 + 6,20848 \times 10^{-13} \times \lambda^4, \\ P_5 &= 0,128092 - 0,000196569 \times \lambda + 1,6179 \times 10^{-7} \times \lambda^2 - 6,3764 \times 10^{-11} \times \lambda^3 + 9,63112 \times 10^{-15} \times \lambda^4, \\ P_6 &= -8,4941 + 0,00848523 \times \lambda - 7,42837 \times 10^{-6} \times \lambda^2 + 3,11324 \times 10^{-9} \times \lambda^3 - 5,00756 \times 10^{-13} \times \lambda^4, \\ P_7 &= 14,8724 - 0,00938909 \times \lambda + 8,25044 \times 10^{-6} \times \lambda^2 - 3,45956 \times 10^{-9} \times \lambda^3 + 5,55552 \times 10^{-13} \times \lambda^4, \\ P_8 &= -1,99507 + 0,00124401 \times \lambda - 1,08972 \times 10^{-6} \times \lambda^2 + 4,55367 \times 10^{-10} \times \lambda^3 - 7,28519 \times 10^{-14} \times \lambda^4, \\ P_9 &= 2,19877 - 0,001372 \times \lambda + 1,20243 \times 10^{-6} \times \lambda^2 - 5,02695 \times 10^{-10} \times \lambda^3 + 8,04568 \times 10^{-14} \times \lambda^4, \\ P_{10} &= 9,31721 - 0,00927111 \times \lambda + 8,12386 \times 10^{-6} \times \lambda^2 - 3,40783 \times 10^{-9} \times \lambda^3 + 5,48631 \times 10^{-13} \times \lambda^4. \end{aligned}$$

Диэлектрическая подложка может быть выполнена однослойной либо многослойной. Активный тепловыделяющий компонент выполнен в виде, по меньшей мере, одного кристалла мощного транзистора СВЧ, либо интегральной схемы, например, ГМИП усилителя мощности СВЧ.

Теплорассеивающая пластина может быть выполнена из алмаза с металлизационным покрытием.

Заполнение сквозных отверстий в дне углубления электро- и теплопроводящим материалом с коэффициентом теплопроводности 100-430 Вт/(м×град), расположение этих отверстий равномерно, а также обеспечение условий, когда перепад температуры Δt по высоте от активного тепловыделяющего компонента до обратной стороны ме-

таллического теплоотводящего основания, толщина теплорассеивающей пластины h , отношение площади отверстий в дне углубления ко всей его площади W , коэффициент теплопроводности теплорассеивающей пластины λ , удельная плотность теплового потока между теплорассеивающей пластиной и обратной стороной металлического теплоотводящего основания q , площадь теплорассеивающей пластины S в плане, находятся в указанной полиномиальной зависимости и обеспечивают оптимизацию:

- во-первых, геометрических размеров теплоотводящей системы в составе: теплорассеивающей пластины, углубления в диэлектрической подложке с дном, отверстия (отверстий) в нем, заполненного (заполненных) электро- и теплопроводящим материалом;

- во-вторых, соотношения электро- и теплопроводящего материала в диэлектрической подложке в процентах, выраженного через отношение площади отверстия (отверстий) в дне углубления ко всей его площади W ; и, как следствие этого, обеспечивается повышение эффективности отвода тепла и, соответственно, улучшение электрических характеристик.

Выводы

В результате проделанной работы получены следующие результаты:

- разработана новая конструкция ГИС СВЧ – диапазона с индивидуальным теплоотводом от тепловыделяющего компонента с алмазной теплорассеивающей пластиной;

- разработана и обоснована полиномиальная зависимость параметров системы теплоотвода, позволяющая оптимизировать конструкцию ГИС;

- предложенная методика расчёта с использованием полиномиальной зависимости может быть рекомендована для использования разработчиками при разработке конкретных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. СССР №1694021 на изобретение, приоритет 28.07.89г., регистрация в Гос. реестре 22.06.91 г. Гибридная интегральная схема СВЧ. *Иовдальский В.А., Молдованов Ю.И., Ануфриев А.Н.*
2. IEEE VTT –S Digest.2002. vol.p.1553 – 1556. (Объёмные приёмопередающие СВЧ модули. / Новости СВЧ – техники. 2006, № 4 с. 3-8).
3. Заявка РФ № 2011154696 на изобретение, приоритет 30.12.2011 г. Гибридная интегральная схема СВЧ. *Дудинов К.В., Далингер А.Г., Иовдальский В.А., Ганюшкина Н.В., Духновский М.П., Фёдоров Ю.Ю., Ратникова А.К.*