

**С.В. Сковородников, О.Ю. Буслов, А.И. Фирсенков**

ОАО «Завод Магнетон»

## **Элемент передающей фазированной антенной решетки с интегрированным ферритовым микрополосковым фазовращателем**

*Разработан элемент передающей фазированной антенной решетки с интегрированным микрополосковым ферритовым фазовращателем. Интегрированный фазовращатель имеет следующие параметры: диапазон рабочих частот – 3,9÷4,2 ГГц, средние вносимые потери - не более 2 дБ, управляемый фазовый сдвиг – более 420°, интервал рабочих температур – от минус 50°С до +50°С, допустимая входная импульсная мощность – 250 Вт, допустимая входная средняя мощность – 40 Вт. Испытания на воздействие высокого уровня мощности показали, что ферритовый микрополосковый фазовращатель выдерживает уровень импульсной мощности до 360 Вт и средней мощности до 60 Вт.*

**Ключевые слова:** фазовращатель, феррит, ФАР

Одним из вариантов реализации антенных систем является разделение на передающую и приемную антенны. Основной задачей передающей антенны является закачка мощности передатчика в «луч», формируемый антенной. В случае, если это ФАР, то на составляющие ее фазовращатели ложится непростая задача – из-за небольшого размера передающей антенны уровень приходящейся мощности на один фазовращатель достаточно велик. Так, в одной из проводимых работ на ОАО «Завод Магнетон», встала задача разработать микрополосковый ферритовый фазовращатель на импульсный уровень мощности не менее 250 Вт и средний уровень мощности не менее 40 Вт.

С точки зрения регулярной микрополосковой линии на ферритовой подложке предельные уровни мощности по электрическому, тепловому пробую, а также достижения критических напряжений переменных магнитных полей в феррите, когда начинаются нелинейные эффекты в нем и СВЧ мощность начинает резко поглощаться ферритовым материалом, по теоретическим расчетам превышает величину в 600 Вт. Разработанный ранее микрополосковый фазовращатель, имеющий параметры: средние вносимые потери -  $\leq 1,6$  дБ, КСВН -  $\leq 1,3$ , управляемый фазовый сдвиг -  $\geq 400$  град, выдерживал уровень импульсной/средней мощности не более 150/25 Вт (некоторые образцы до 180/30 Вт). Снижение предельной мощности можно объяснить следующими факторами: полосок фазовращателя уже микрополосковой регулярной линии на 40%, отношение длины проводника фазовращателя к занимаемой площади выше более чем в два раза по сравнению все с той же регулярной микрополосковой линией, полосок фазовращателя изогнут в виде меандра с шириной кратной  $\lambda/2$  и образует зазоры в которых формируются высокие напряженности полей E и H.

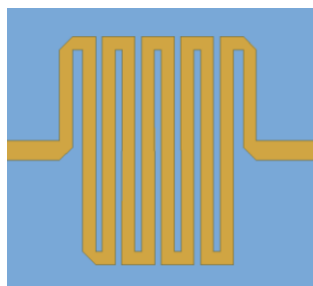


Рисунок 1.

Характер пробоя топологии при проведении испытаний на высокий уровень СВЧ мощности носил смешанный характер и представлял прожоги топологии при возникновении разрядов, а также выколоты феррита вследствие локальных перегревов материала подложки, вплоть до ее разрушения.

Для увеличения пороговой мощности была увеличена ширина проводника меандра фазовращателя и зазор между меандрами. Это привело только к снижению фазовой активности. Увеличение пороговой мощности при испытаниях наблюдалось на фоне погрешности. Анализ разрушенных образцов и теоретическое описание происходящих процессов показали, что возможной причиной является цепная реакция разогрева проводника меандра при каждом последующем импульсе СВЧ. При увеличении температуры проводника, увеличивается его удельное сопротивление, увеличиваются потери на СВЧ. Похожие процессы происходят в микрополосковых СВЧ нагрузках, работающих на высокие уровни пиковых мощностей. Для борьбы с этим явлением в них применяют «буферные» слои для отвода выделяемого тепла. Применение в микрополосковом фазовращателе буферного слоя из керамики позволило увеличить его пиковую/среднюю мощность до 360/60 Вт. Однако, для восстановления фазовой активности пришлось увеличить общее количество меандров, что привело к увеличению вносимых потерь с 1,6 дБ до 2 дБ.

На сегодняшний момент ни один из образцов, изготовленных по данной технологии, успешно прошел испытаний на воздействие высокого уровня мощности (360/60 Вт). В связи с тем, что работа фазовращателей предполагается при уровне пиковой/средней мощности 240/40 Вт, вероятность снижения фазовой активности и/или возникновение нелинейных процессов очень низкая. Результаты исследования фазовой активности будут представлены в следующих публикациях.

#### 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 ферритмагнетики. М.: Мир, 1965.
3. Микаэлян А.Л. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах, М. – Л., Госэнергоиздат, 1963, 664с. с илл.
4. Еремеев Ю., Малышев И., Симаков С. Мощные СВЧ-резисторы: оценка предельных частотно-мощностных характеристик. Электроника: Наука, технология, бизнес. 2010. № 5. С. 90-95.
5. Вольман В.И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М. Радио и связь, 1982.