

ристики ОДР. Так, в случае сплюснутых и вытянутых сфероидов, приравнявая $V=(4/3)\pi b^2 a = V_c = (4/3)\pi a c^3$, получим $\omega'/\omega'_c = (a/b) (z/z_c) = c^{1/3}(z/z_c)$, где z и z_c – корни соответствующих уравнений.

Из табл.3 видно, что показатель увеличивается при вытягивании резонатора и при переходе к диэлектрическому цилиндру будет стремиться к бесконечности. В то же время при увеличении эксцентриситета массогабаритные характеристики улучшаются на 0, 7 % при изменении c на 5 % и на 1, 6 % при изменении c на 10 %.

Таблица 3

ε	$c = a/b$				
	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
∞	0,9838	0,9926	1,00	1,0060	1,0106
150	0,9839	0,9927	1,00	1,0059	1,0104
80	0,9841	0,9928	1,00	1,0058	1,0102
40	0,9843	0,9929	1,00	1,0057	1,0100

Таким образом подтверждается предположение, что оптимальные показатели могут быть достигнуты в области сплюснутых СР.

Литература

1. Старков М. А. Осесимметричные колебания сфероидальных открытых диэлектрических резонаторов. – Радиотехника и электроника, 1983, т. 28, № 5.
2. Gastine M., Courtois L., Dormann J.L. Electromagnetic resonances of free dielectric spheres. — IEEE Trans., 1967, v. MTT-15, № 12.

Старков М.О. Добротність випромінювання відкритих сфероїдальних діелектричних резонаторів. Проведені теоретичні дослідження сферичних діелектричних резонаторів та отримані співвідношення для визначення їх добротності випромінювання
Ключові слова: сферичний діелектричний резонатор, добротність діелектричного резонатора

Старков М.А. Добротность излучения открытых сфероидальных диэлектрических резонаторов. Проведены теоретические исследования сфероидальных диэлектрических резонаторов и получены соотношения для определения их добротности излучения
Ключевые слова: сферический диэлектрический резонатор, добротность диэлектрического резонатора

Starkov M.A. Quality radiating open spherical resonators. Theoretical investigation of the sphere dielectric resonator are realized and their quality radiating is calculated.
Key words: spherical dielectrical resonator, quality dielectrical resonator

УДК538.114

ВРАХУВАННЯ НЕУЗГОДЖЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕНІ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В МІКРОСМУЖКОВІЙ ЛІНІЇ МЕТОДОМ ФМР

Осінов А. М., Комарова О. П.

Електромагнітні поля в мікросмужковій лінії характеризуються складною будовою, значну частку якої складають поздовжні складові електричного і магнітного полів. На сьогоднішній день числові дослідження проводяться з використанням таких програмних пакетів як Microwave Office, Microwave Studio т.ін. Різноманітність числових методів, що мають різну точність, зумовлює необхідність експериментальних досліджень, які б їх

підтверджували. Існують також і методи, що є комбінацією числових і аналітичних [1]. Експериментальні дослідження і вимірювання структури поля в МСЛ вже проводились раніше [2,3]. Метод вимірювання на основі ефекту Фарадея в магнітоактивних кристалах дозволяє вимірювати розподіл поля лише над смужковою лінією. Метод вимірювання за допомогою магнітного зонду на основі феромагнітного резонансу [4], який ми використовуємо, дозволяє отримати розподіл поля як в повітрі над діелектриком, так і в самому діелектрику.

На конференції КриМіКо - 2008 [5] нами була представлена доповідь з результатами експериментального дослідження у мікросмужковій лінії. Використаний при проведенні експерименту макет мав такі розміри: загальна ширина 39мм висота діелектрику $h=6,55\text{мм}$, його діелектрична проникність $\epsilon=3$, $\text{tg } \delta = 4 \cdot 10^{-3}$. Ширина смужки $W=6,55\text{мм}$ і її товщина $t=50\text{мкм}$. Була отримана значна невідповідність даних для повздовжньої складової H_z , отриманих експериментально і чисельно за допомогою програми Microwave Studio.

Проведений аналіз показав, що причиною цієї систематичної похибки було недостатнє узгодження смужково-коаксіального переходу лінії. Позбутись цієї похибки можна зміною конструкції макету. У новій конструкції мікросмужковій лінії було збільшено поперечні розміри для підвищити точність позиціонування феритового резонатора, вибрана більша довжина лінії передачі з метою збільшення втрат сигналу в лінії передачі. Матеріалом для виготовлення нової мікросмужкової лінії був вибраний склотекстоліт з такими параметрами: діелектрична проникність $\epsilon=4$, $\text{tg } \delta = 4 \cdot 10^{-2}$, тобто тангенс кута діелектричних втрат на порядок більший, ніж у попередньому експерименті. Враховуючи ці вимоги, та існуючі параметри матеріалу, розраховувались розміри лінії.

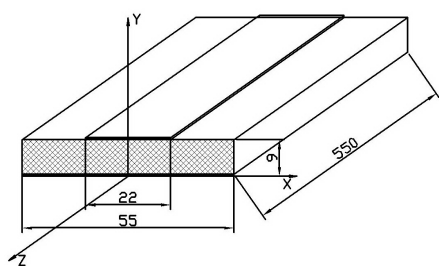


Рис. 1.

По отриманим параметрам була змодельована мікросмужкова лінія передачі та перевірений її хвильовий опір, який співпав з розрахованим (параметри підібрані оптимально). Отримана мікросмужкова лінія представлена на рис 1. Довжина лінії була обрана таким чином, щоб зменшити величину відбитої хвилі від

смужково-коаксіального переходу з підключеною детекторною камерою.

Щоб запобігти збудженню вищих типів хвиль у мікросмужковій лінії, треба працювати нижче частоти відсічки першого типу хвилі, яка розраховується за формулою:

$f = \frac{c}{\sqrt{\epsilon} \cdot (2 \cdot W + 0,8 \cdot h)}$ де c – швидкість світла, W – ширина смужки 22 мм, h – товщина лінії 9 мм.

Згідно з цією формулою, робоча частота не має перевищувати 2,92ГГц, що нас влаштовує. Нижня частота робочої смуги частот визначається намагніченістю насичення матеріалу феритового резонатора. Для залізо-ітрієвого гранату вона складає 2ГГц.

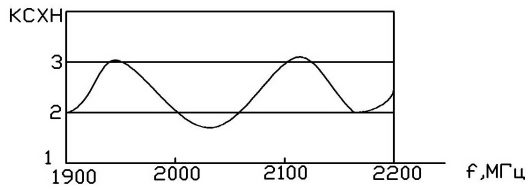


Рис. 2.

КСХ було досліджено у діапазоні частот 1900-2200 МГц. Отримані дані КСВ на виході представлені на рис. 2. Видно, що КСХ з врахуванням неузгодженості детекторної камери може лежати в межах 2-3.

Порівняємо значення ослаблення прямої та зворотної електромагнітної хвилі від місця розташування феритового резонатора та смужково-коаксіального переходу з підключеною детекторною камерою у моделях отриманого та попереднього зразків:

$$\alpha_d = \frac{\omega \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}{6 \cdot 10^8} \cdot \text{tg} \delta$$

$$\alpha_m = \frac{R_s \sqrt{\varepsilon}}{120 \pi d \sqrt{\mu}} \cdot \left| \ln \left(r_A \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{t}{d}}}{2} \right) / \ln \left(\frac{r_B}{r_A} \right) \right|$$

де α_m - коефіцієнт згасання, обумовлений втратами у провідних пластинах несиметричної смужкової лінії передач, α_d - коефіцієнт згасання, обумовлений втратами у діелектрику несиметричної смужкової лінії передач, R_s - поверхневий опір міді, d - товщина лінії 9 мм, t - товщина смужки $5 \cdot 10^{-3}$ мм, δ - провідність міді $5,7 \cdot 10^7$ См/м, f - робоча частота (для отриманої моделі мікросмужкової лінії $r_A = 9,128 \cdot 10^{-3}$, $r_B = 8,869$).

На рис. 3 зображена пряма, суцільна лінія та зворотна, штрихова лінія, від смужково-коаксіального переходу, хвилі у моделі попереднього зразка. Робоча частота 3,36 ГГц, КСХ = 2.

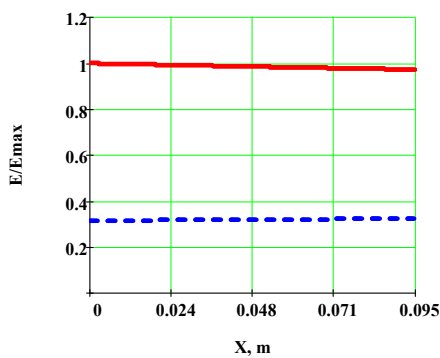


Рис. 3.

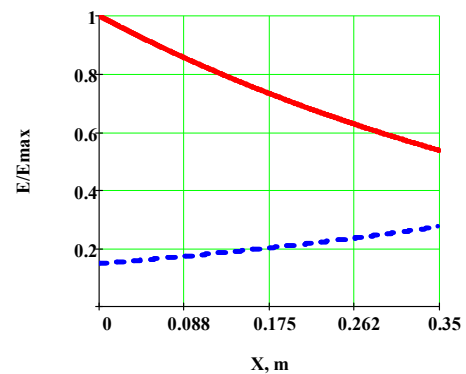


Рис. 4.

На рис. 4,5 зображено пряма та зворотна хвилі у моделі отриманого зразка на робочій частоті 2,11 ГГц, КСХ = 3,1 та 2,032 ГГц, КСХ = 1,7, відповідно.

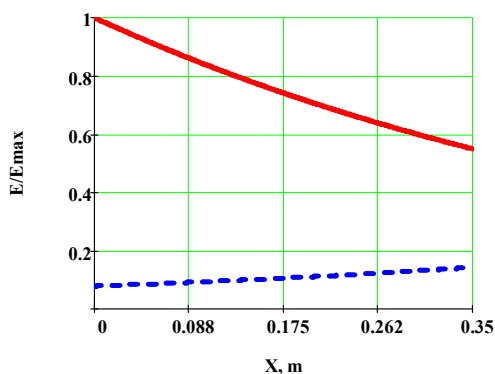


Рис. 5.

Проаналізувавши результати та порівнявши отриманий розподіл позовжної складової електричного і магнітного полів можна відзначити зменшення систематичної похибки за рахунок неузгодженого навантаження лінії передачі від $\sim \pm 50\%$ до $\sim \pm 20\%$. Для подальшого зменшення цієї систематичної похибки можна збільшити довжину лінії або

використовувати матеріал, що забезпечує ще більше згасання хвилі

Література

1. Вычислительные методы в электродинамике./М.: Мир.- 1977.- 485с.
2. L. Rothe. Experimentell Ermittlung der magnetischen Feldverteilung auf einer Microstrip-Leitung mittels Storkorpermessungen, Vortage der 2. Internationalen Konferenz uber Mikrowellenferrite, vom 23. bis 27. September 1974 in Suhl/DDR, p. 350-376.
3. Shin Nakamatsu, Ryo Yamaguchi, Shinji Uebayashi. Highly-accurate Measurement of Current Distribution Using Polarization-stabilized MO Probe // Collaboration Projects DoCoMo R&D Technical Journal, VOL.8;NO.3;PAGE.50-54(2006).
4. Вунтесмері В.С., Бульба О.П., Осіпов А.М.,. Дослідження структури поля в електродинамічній системі методом магнітного зонду. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія-Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2007. – Вип.34. – с.118-123.
5. Вунтесмери В. С., Комарова О. П., Осипов А. Н. Экспериментальные исследования структуры поля в микрополосковой линии методом магнитного зонда в режиме ферромагнитного. Труды 18-ой Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2008) Севастополь, Украина. 2008 – с.708.

Осіпов А. М., Комарова О.П. Врахування неузгодженого навантаження при дослідженні структури електромагнітного поля в мікросмузжковій лінії методом ФМР. Наведено аналіз причини невідповідності даних для позовжньої складової H_z , отриманих експериментально і чисельно за допомогою програми Microwave Studio. Розглянуто метод котрий дозволив суттєво зменшити систематичну похибку за рахунок врахування впливу неузгодженого навантаження лінії.

Ключові слова: структура поля, ферромагнітний резонанс, магнітний зонд

Осіпов А.Н., Комарова О.П. Учёт несогласованной нагрузки при исследовании структуры электромагнитного поля в микрополосковой линии методом ФМР. Представлен анализ причин несоответствия данных для продольной составляющей H_z полученных экспериментально и численно с помощью программы Microwave Studio. Рассмотрен метод, который позволил существенно уменьшить погрешность за счет учета влияния несогласованной загрузки линии.

Ключевые слова: структура поля, ферромагнитный резонанс, магнитный зонд

Osipov A.N., Komarova O.P. Taking into account the uncoordinated load when researching the structure of electromagnetic field in the microstrip using the method of ferromagnetic resonance (FMR). The results of analysis of the causes of sizable discrepancy of data for longitudinal constituent H_z obtained experimentally and numerically with the help of Microwave Studio program are given. The author also examined the method which enabled to reduce systematic inaccuracy considerably at the cost of taking into account the impact of uncoordinated line load.

Key words: field structure, ferromagnetic resonance, magnetic probe