

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРИТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НЕВЗАЄМНИХ ПРИСТРОЇВ МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДОВЖИН ХВИЛЬ

Наведено результати вимірювань втрат та фазових характеристик мікрострічкової лінії передач з феритами в метровому діапазоні довжин хвиль. Зроблено висновки щодо застосування цих феритів у невзаємних пристроях метрового діапазону довжин хвиль.

Метою дослідження є визначення критерію по застосуванню феритових матеріалів для використання їх у феритових пристроях метрового діапазону довжин хвиль.

Згідно з [1] основною проблемою при зменшенні робочої частоти феритових пристроїв є різкий зріст магнітних втрат в матеріалі, який не намагнічений до насичення внаслідок невеликих значень постійних зовнішніх магнітних полів, необхідних для досягнення резонансу на низьких частотах. Для зменшення втрат на цих частотах необхідно використовувати матеріали з малими значеннями $4\pi M_s$ — намагніченості насичення, оскільки максимальні частоти, на яких маємо великі втрати, прямо пропорційні намагніченості насичення фериту. Але матеріали з низьким $4\pi M_s$, як правило, мають досить низьку температуру Кюрі і, як наслідок, досить значну залежність характеристик феритових пристроїв від температури. Існує також можливість використання великих магнітних зовнішніх полів для роботи в зарезонансному режимі, де маємо малі втрати.

Критерієм застосування матеріалів може слугувати відношення фазової сталої і сталої загасання в лінії передач з феритом у визначеному діапазоні частот при різних значеннях напруженості зовнішнього магнітного поля.

Експерименти виконані за допомогою частотного генератора, вимірювача комплексних коефіцієнтів передачі і спеціального пристрою з матеріалом. Основа пристрою — відкрита несиметрична стрічкова лінія передачі, короткозамкнена на кінці. Ця конструкція розміщується між полюсами електромагніта. Зовнішнє магнітне поле спрямовано нормально до площини феритової пластини. Сама пластинка розміщується в пучності магнітного поля, оскільки нас цікавлять магнітні втрати і зміна фази хвилі при різних значеннях постійного магнітного поля. Для зменшення впливу розмірного резонансу довжини феритової пластини вибиралась менша ніж половина довжини електромагнітної хвилі в лінії передач з феритом на найбільшій частоті діа-

пазону. Вимірювались втрати в матеріалі і зміна фази хвилі, що проходить через матеріал для різних значень напруженості магнітного поля в межах від 0 до 36 кА/м та в діапазоні частот 1–500 МГц.

На рис. 1, 2 зображені залежності від частоти магнітних втрат на одиницю довжини фериту (1а, 2а) та фази (1б, 2б) хвилі, що проходить через матеріал, для різних значень напруженості зовнішнього магнітного поля. Ці характеристики дають можливість зробити висновки щодо вибору матеріалу та вибору режиму його роботи в потрібному для нас діапазоні довжин хвиль. Дослідження проводились для двох матеріалів — 50СЧ1 та 80СЧ, які мають відповідно такі характеристики [2]:

$$-50СЧ1 - 4\pi M_s = 50,4 \text{ кА/м}; 2\Delta H = 2,1 \text{ кА/м}; \epsilon' = 13,8; \text{tg}\Delta\delta = 2 \cdot 10^{-4};$$

$$-80СЧ - 4\pi M_s = 24,8 \text{ кА/м}; 2\Delta H = 5,6 \text{ кА/м}; \epsilon' = 12,8; \text{tg}\Delta\delta = 1,4 \cdot 10^{-3}.$$

На рис. 1 для матеріалу 80СЧ яскраво зображені резонансні явища в діапазоні частот 250–500 МГц при зміні постійного магнітного поля з 20 до 28 кА/м. Це пояснюється явищем природнього феромагнітного резонанса матеріалу на цих частотах для таких значень поля. З рис. 1 видно, що найбільші зміни фази (тобто можливість ефективного керування пристроєм) та найменші втрати на потрібних нам частотах 1–300 МГц спостерігаються при $H_0 = 16 - 28 \text{ кА/м}$. При менших напруженостях магнітних полів втрати невеликі, але й малі зміни фази.

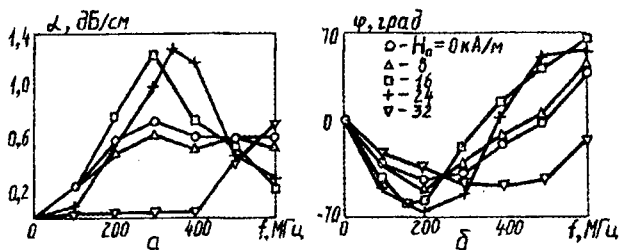


Рис. 1

Для матеріалу 50СЧ1 (рис. 2) видно, що на малих постійних полях підмагнічування масо зовсім малі зміни фази при незначних втратах.

Порівнюючи ці два матеріали, можна відзначити, що більш ефективним в даному частотному діапазоні при невеликих значеннях напруженості постійного магнітного поля є матеріал 80СЧ, оскільки має невеликі втрати при достатній зміні фаз. Але при цьому він має низьку температуру Кюрі. На відміну від нього 50СЧ1 має кращі температурні характеристики, але для ефективного використання його в пристроях необхідно застосовувати постійні поля підмагнічування більших значень. До того ж магнітні втрати в

цьому матеріалі мінімальні вже починаючи зі значень напруженості магнітного поля 20 кА/м.

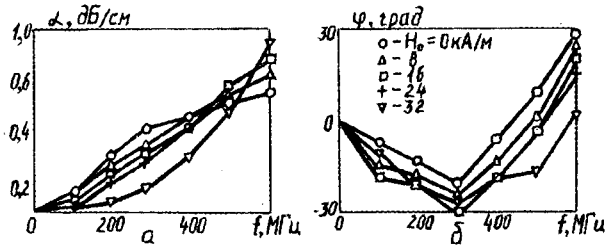


Рис. 2

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні циркуляторів та вентилів на зосереджених елементах [3, 4, 5] в метровому діапазоні довжин хвиль з мінімізацією втрат при заданому діапазоні змін температур.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лакс Б., Баттон К. Сверхвысокочастотные ферриты и ферромагнетики.— М. : 1965.— 676 с.
2. Ферриты и магнитодиэлектрики: Справочник / Под общ. ред. Горбунова Н. Д., Матвеева Г. А.— М. : 1973.— 592 с.
3. Konishi Y. Lumped-element Y-circulator // IEEE Trans.— 1965. — Vol. MTT-13. — No. 6. — Pp. 852—864.
4. Deutsch J., Wieser B. Resonance isolator and Y-circulator at VHF // IEEE Trans. on Magnetics. — 1966. — Vol. MAG-2. — No. 3. — Mar. — Pp. 278—282.
5. Miura T., Kobayashi M. and Konishi Y. Optimization of a lumped element circulator based on eigenvalue evaluation and structural improvement// IEEE Trans.— 1996.— Vol. MTT-44. — 1996. — No. 12. — Dec. — Pp. 2648—2654.

Надійшла до редколегії 17.03.98