

ЧАСТОТНО-ЗАГОРОДЖУВАЛЬНИЙ ФІЛЬТР 3-СМ ДІАПАЗОНУ НА ОСНОВІ МАГНІТОДІЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЗОНАТОРА З ПРИРОДНОГО МАГНЕТИКА

Чумак Г.Л.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

E-mail: Chumak_Hryhorii@mail.univ.kiev.ua

BAND-STOP FILTER BASED ON MAGNETODIELECTRIC RESONATOR FROM NATURAL MAGNETIC MATERIAL FOR X-BAND

Band-stop filter based on natural mixed maghemite-hematite crystal tuned by external magnetic field is suggested and investigated. For various dielectric substrate thicknesses, maximum frequency shift of 300 MHz, Q-factor variation from 200 to 1300 and 6-20 dB rejection level is measured in 0-6 kOe field. Band-stop width at -3dB level was 8-52 MHz.

Сучасні тенденції в НВЧ техніці потребують використання нових, доступних матеріалів з магнітним впорядкуванням. В НВЧ пристроях широке застосування знайшли ферити (наприклад залізо-ітрієвий гранат). Намагнічені феритові резонатори дозволяють в одному зразку поєднати властивості діелектричного та магнітогіротропного резонатора[1]. Таким чином можна отримати високу добротність магніто-діелектричних мод з магнітною перестройкою їхніх частот. В роботі пропонується загороджувальний фільтр 3 см діапазону на основі резонатора з природного магнітного матеріалу.

Експеримент. Перед дослідженням НВЧ характеристик, матеріал піддавався рентгенівському фазовому аналізу, який показав наявність у матеріалі двох фаз оксидів заліза: γ - Fe_2O_3 (маггеміт) та Fe_3O_4 (магнетит). Маггеміт та магнетит – двохпідграткові кубічні феримагнетики зі структурою інверсної шпінелі[2].

Експериментальне дослідження проводилося на скалярному панорамному вимірювачі P2-60 включеного за стандартною схемою на прохід. Об'єктом дослідження був макет фільтра, який представляв собою хвилевід, прямокутного перерізу $a \times b = 23 \times 10$ мм², з поміщенням в нього циліндричним резонатором з магнетика діаметром $d = 5,64$ мм та висотою $h = 4,27$ мм на підкладці з армованого фторопласту(АФ)(Рис.1). Зовнішнє підмагнічуюче поле величиною $H_0 = 0-6$ кЕ прикладалося по вісі симетрії резонатора.

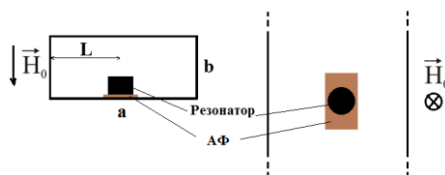


Рис.1 Геометричне положення резонатора в хвилеводі.

В ході експерименту змінювалася товщина АФ(0; 0,5; 1 мм) та геометричне розташування резонатора ($L = \frac{a}{4}; \frac{a}{2}; \frac{3a}{4}$). Вимірювалася частотна залежність коефіцієнту передачі $|S_{21}|$ резонатора при зміні величини та напрямку зовнішнього підмагнічуючого поля (Рис.2).

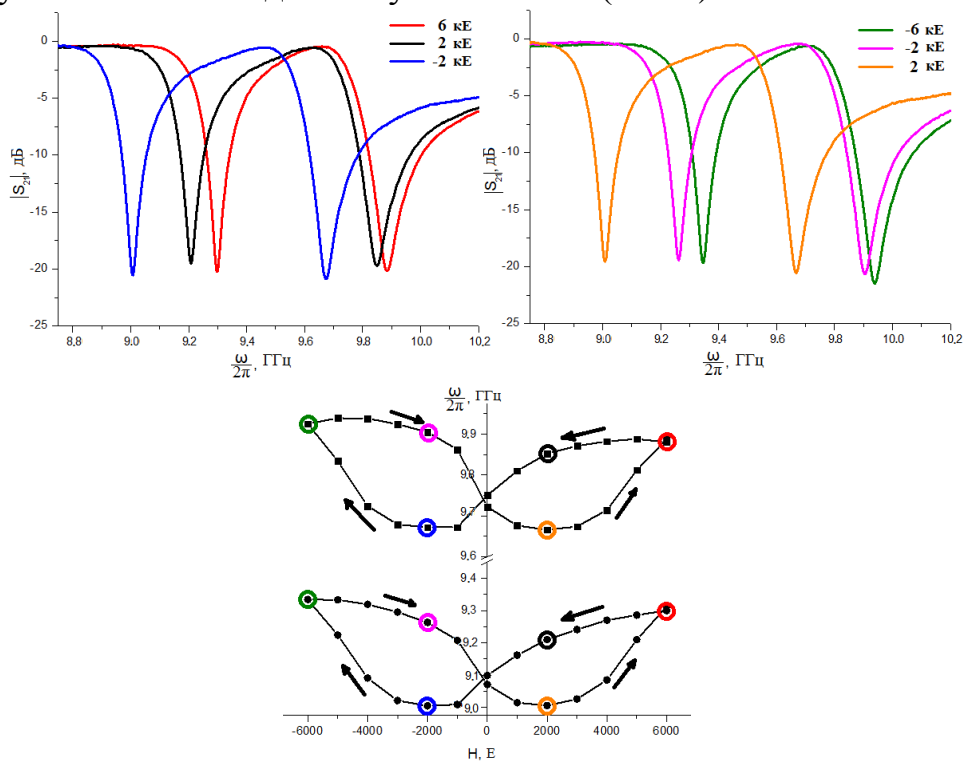


Рис. 2 Передаточні характеристики резонатора при різних значеннях зовнішнього підмагнічуючого поля (АФ – відсутній, $L = \frac{a}{2}$) та відповідні гістерезисні криві. Стрілками вказано напрямок зміни величини магнітного поля.

Таблиця 1. Результати дослідження

Товщина АФ, мм	L	$\frac{\omega_1}{2\pi} (H_0 = 0),$ ГГц	$\frac{\omega_2}{2\pi} (H_0 = 0),$ ГГц	$\Delta \frac{\omega_{1\max}}{2\pi},$ МГц	$\Delta \frac{\omega_{2\max}}{2\pi},$ МГц	Q_{01}	Q_{02}
0	$\frac{a}{2}$	9,090	9,740	300	230	340	250
0,5	$\frac{a}{2}$	10,056	10,670	40	110	670	480-630
1	$\frac{a}{4}$	10,480	10,555	84	81	550	310-460
1	$\frac{a}{2}$	10,275	10,500	50	110	580	530
	$\frac{3a}{4}$	10,500	10,575	71	74	200-880	200-1300

В таблиці 1 наведено результати для вимірних резонансних частот, максимальних перестройках резонансних частот при зміні поля в межах $H = \pm 6$ кЕ та розрахованих власних добротностях. Низькочастотна мода позначена індексом 1, високочастотна – індексом 2.

Найкраще узгодження розрахованого $|S_{21}|$ з експериментом отримано при діелектричній проникності матеріалу $\varepsilon = 20$. Використовуючи умови магнітних стінок на поверхні резонатора було розраховано частоти найнижчих власних коливань. Теоретично розрахована частота моди $E_{\pm 111}$ складає 10,5 ГГц, що з точністю 2% узгоджується з результатами отриманими для товщини АФ в 1 мм. Порушення циліндричної симетрії резонатора прямокутним хвилеводом призводить до зняття виродження по частоті мод $E_{\pm 111}$. Розподіл НВЧ полів моди $E_{\pm 111}$ представлено на рис. 3.

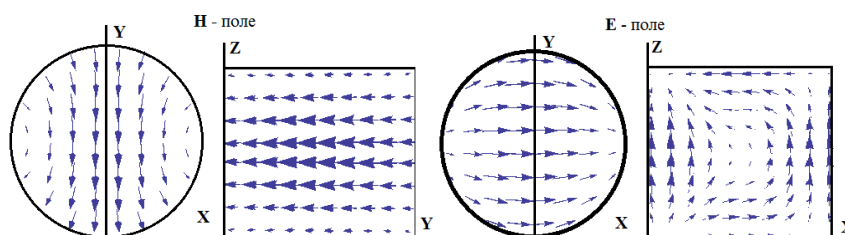


Рис.3 Розподіл електричного та магнітного поля моди $E_{\pm 111}$ в резонаторі.

НВЧ магнітне поле мод $E_{\pm 111}$ має радіальну та кутову компоненту, перпендикулярну до вектора намагніченості резонатора. Взаємодія мод $E_{\pm 111}$ з гіротропним магнетиком відбувається аналогічно до ефекту Коттона-Мутона. Експериментально це підтверджується незалежністю зсуву резонансних частот від напрямку намагніченості (Рис.2).

Висновки. Запропонований частотно-загороджувальний фільтр, побудований на резонаторі з природного матеріалу, дає можливість перестроювати центральну частоту в межах 3 %. Глибина загородження складає $L_0 = 6 - 20$ Дб. Позасмугові втрати становлять 1–6 Дб. Ширина смуги загородження по рівню -3 Дб становить 8–52 МГц. Величина власної добротності резонатора змінюється в межах від 200 до 1300. Перестройка мод $E_{\pm 111}$ резонатора має ту ж природу, що й ефект Коттона-Мутона.

Література

1. Kapilevich B.Yu. Tunable microwave ferrite filter for receiving-transmitting mobile communications systems / Kapilevich B.Yu., Safonov S.Yu. // Electromagnetic Compatibility: conf. 1990.
2. R.M. Cornell The iron oxides :Structure, properties, reactions, occurrences and uses/ R.M. Cornell, U. Schwertmann. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, 2003. – 667 p.