

УДК 621.372.41

В.І. Лапчинський, Д.Д. Татарчук, канд. техн. наук

Резонансні властивості металічних пластин у НВЧ діапазоні

Проведено експериментальне дослідження резонансних властивостей металічних пластин в СВЧ діапазоні. Наведені результати вимірювання резонансних частот і власних добротностей зразків.

Experimental research of resonances properties of metallic plates in the range of UHF was carried out. The results of measuring of resonances frequencies and own Q-factor of researched samples were introduced.

Вступ

Швидкий розвиток інформаційних технологій призвів до виникнення всесвітньої інформаційної мережі, що охоплює весь світ. Надійність і ефективність функціонування такої глобальної мережі значною мірою залежить від якості засобів зв'язку [1], що, в свою чергу, призводить до необхідності освоєння нових частотних діапазонів, розробки нових технологій передачі даних і, відповідно, розробки нового ефективного, дешевого та більш технологічного обладнання. До важливих вузлів такого обладнання відносяться різноманітні резонансні пристрої НВЧ – фільтри, фазообертачі та інші вузли, які використовуються у панорамних приймачах, антенних решітках, базових станціях стільникових телефонів та інших засобах бездротового зв'язку. Тому одним з важливих аспектів розвитку сучасних засобів зв'язку є створення нових частотно-селективних пристроїв та функціональних елементів на їх основі – резонаторів, фільтрів, спрямованих відгалужувачів, дільників потужності, фазообертачів і т.д.

Однак розробка такого обладнання на основі існуючих технологій нашоується на ряд конструкційних та технологічних труднощів. Так збільшення швидкості передачі даних вимагає переходу до більш високих робочих частот, що веде до значного ускладнення конструкцій та зниження добротності [2,3,4]. Це вказує на необхідність пошуку нових рішень, що є неможливим без проведення додаткових наукових досліджень. В даній роботі розглядається один із перспективних напрямків таких досліджень – вивчення резонансних властивостей металічних зразків з метою використання отриманих даних при розробці металево-діелектричних НВЧ матеріалів з заданими характеристиками для захисних покриттів.

Резонансні властивості металічних зразків

Теоретичні основи розповсюдження електромагнітних хвиль у металах були розроблені ще в минулому столітті [5,6]. Це дало можливість розробити ряд практичних резонансних пристроїв НВЧ на основі відрізків однорідних [7] та неоднорідних [8] ліній, а також на основі металево-діелектричних резонансних структур [9]. Однак можливість використання окремого суцільнометалічного резонансного елемента, гальванічно не зв'язаного з лінією не приділялося достатньої уваги, оскільки вважалося, що через значні втрати енергії електромагнітної хвилі резонансні структури на основі таких елементів будуть мати низьку добротність.

В результаті проведених нами досліджень було виявлено, що суцільнометалічні зразки проявляють яскраво виражені резонансні властивості у НВЧ діапазоні з великими значеннями добротностей. Було досліджено резонансні властивості 11 зразків з різних металів. Досліджувалися пластини з міді, латуні, ніхрому, нержавіючої сталі, та діелектричні зразки покриті сріблом. Дослідження здійснювалося шляхом вимірювання панорамним вимірювачем Р2-61 та моделюванням в програмному пакеті САПР. Вимірюваний зразок поміщався в хвилевод, що збуджувався на основному H_{10} типіві коливаний.

Вимірювальна установка (рис.1) складалася з генератора НВЧ 1 типу ГКЧ-61, індикатора ослаблення 2 типу Я2Р-67, коаксіально – хвилеводного переходу 3, двох спрямованих відгалужувачів (СВ) 4 («падаюча хвиля») і 5 («відбита хвиля») з детекторами, вимірювального вузла НВЧ 6 і кінцевого поглинаючого навантаження 7. Вимірювальний вузол НВЧ 6 представляв собою відрізок роз'ємного хвилеводного тракту, в порожнині якого розміщувався досліджуваний зразок (рис.2).

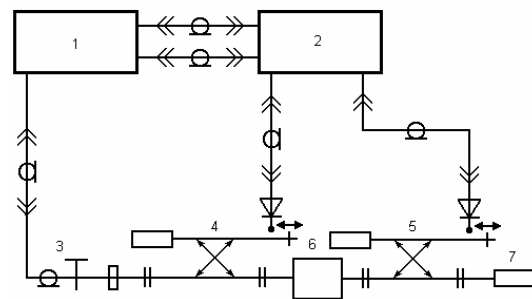


Рис.1

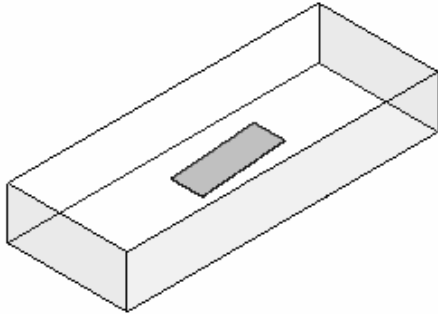


Рис.2

Еквівалентна металічного зразка представлена на рис.3. Конденсатор C та котушка індуктивності L представляють собою послідовний коливальний контур, конденсатори $C1$ та $C2$ визначають ступінь зв'язку резонатора з лінією передачі, а резистор R моделює втрати енергії в резонаторі.

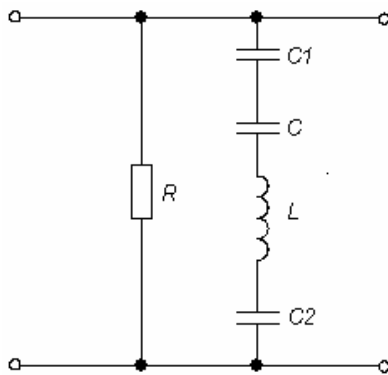


Рис.3

Результати вимірювань, параметри досліджуваних зразків та результати моделювання резонансних властивостей в програмному пакеті САПР наведено в табл.1.

Як видно з таблиці 1 резонансні частоти, отримані в результаті вимірювання панорамним вимірювачем P2-61 та резонансні частоти, отримані шляхом розрахунку в програмному пакеті САПР відрізняються між собою не більше ніж на 1,6%. Значення виміряних добротностей зразків суттєво відрізняються для зразків з того самого металу, і є набагато меншими за значення добротностей, отриманих при моделюванні. Вірогідною причиною цього могла стати недосконалість поверхні вимірюваних зразків (її шорсткість, наклеп, шар окислу тощо).

Також було проведено дослідження залежності резонансної частоти та добротності зразка від його лінійних розмірів. На рис.4. та рис.5. наведено експериментальні та розраховані в програмному пакеті САПР графіки залежностей резонансної частоти, та добротності зразка з параметрами $h=0.045$ мм, $L=13.8$ мм в залежності від його ширини W відповідно.

З отриманих залежностей видно, що резонансна частота та добротність зразка суттєво залежать від його поперечних розмірів. Збільшення ширини зразка призводить до збільшення його добротності та до зменшення резонансної частоти.

Таблиця 1. Параметри досліджуваних зразків, результати вимірювань та результати розрахунку в програмному пакеті САПР, та розраховані значення їх добротності

Зразок №	Матеріал	Габаритні розміри зразка			Результати вимірювань		Результати розрахунку в пакеті САПР	
		h, мм	L, мм	W, мм	f_0 , ГГц	Q	f_0 , ГГц	Q
1	Латунь	1,69	11,70	4,00	9,516	453,143	9,416	2690,143
2	Мідь	2,52	11,40	4,50	9,740	649,333	9,652	4825,850
3	Мідь	1,70	12,20	4,30	9,293	2323,250	9,228	4101,333
4	Мідь	0,05	13,80	5,00	8,892	1270,286	8,857	3163,071
5	Ніхром	0,76	12,40	5,75	9,251	162,298	9,230	887,538
6	Ніхром	0,71	11,30	4,60	10,020	626,250	9,942	814,934
7	Нерж. сталь	0,26	12,20	4,40	9,759	2439,750	9,614	2598,378
8	Срібло на кераміці	1,66	12,00	4,00	9,219	400,826	9,360	4799,795
9	Срібло на кераміці	1,73	12,00	4,00	9,267	189,122	9,328	4909,632
10	Срібло на кераміці	2,43	11,90	3,80	9,274	1159,250	9,325	4662,600
11	Срібло на кераміці	1,69	12,00	4,00	9,335	1555,833	9,350	4795,026

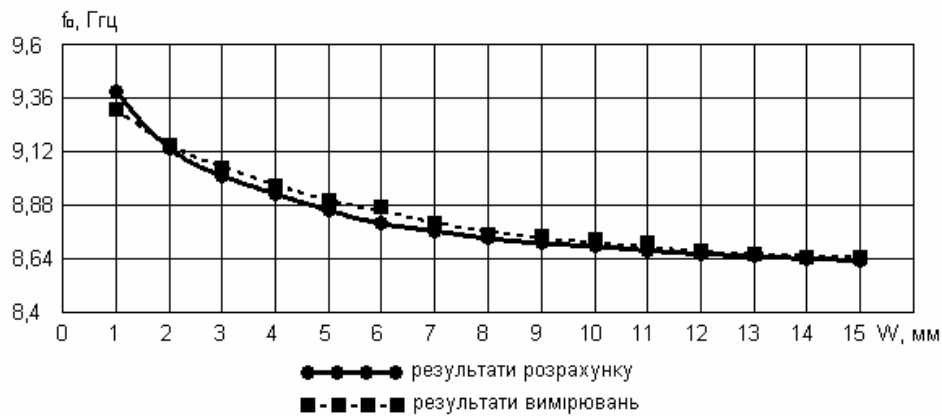


Рис.4

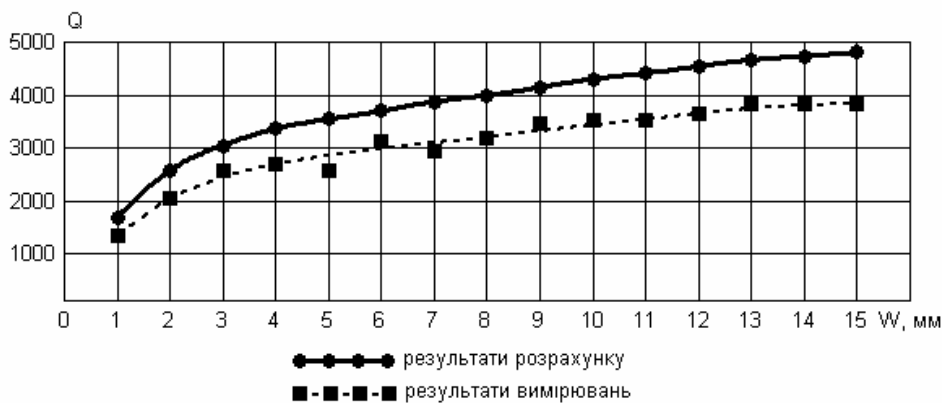


Рис.5

Висновки

1. Суцільнометалічні зразки, гальванічно не зв'язані з лінією передачі, проявляють яскраво виражені резонансні властивості у НВЧ діапазоні.

2. Великі значення добротності та простота виготовлення роблять суцільнометалічні резонатори перспективними для створення на їх основі металево-діелектричних НВЧ матеріалів з заданими характеристиками для захисних покриттів.

3. Резонансні властивості суцільнометалічних зразків зумовлені характером розподілу електромагнітного поля на поверхні зразка, відмінним від розподілу поля при резонансі в інших резонансних структурах, що вказує на необхідність подальших досліджень.

Література

1. М.З. Згуровський, С.А. Кравчук, Т.Н. Нарытник, М.Е. Ильченко, Ю.И. Якименко Использование проводных и радио технологий в системах Интернет - доступа. Часть 1. Интернет-доступ на основе кабельных, беспроводных и спутниковых систем // Электроника и связь . – 1999. – №7. – С. 3-13.
2. Григорьев А. Д. Электродинамика и техника СВЧ: Учеб. для вузов по спец. «Электронные приборы и устройства». – М.: Высш. шк., 1990. – С. 162-195.
3. Диэлектрические резонаторы: Монография / М. Е. Ильченко, В. Ф. Взятыхшев, Л. Г. Гассанов и др. – М.: Радио и связь, 1989 – 328 с.
4. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. – М.: Высш. шк., 1970. – С. 299-319.
5. Кушниренко А.Н. Электродинамика. – К: Издательство киевского университета, 1961. – 236 с.
6. Харвей А.Ф Техника сверхвысоких частот. – М.: Советское радио, 1965. – 759 с.
7. Микрополосковые излучающие и резонансные устройства: Монография / Е.И. Нефедов, В.В. Козловский, А.В. Згурский. – К.: Тэхніка., 1990. – 160 с.
8. Колебательные системы из отрезков неоднородных линий: Монография / О.Н. Литвиненко, В.И. Сошников. – М.: Советское радио., 1972. – 144 с.
9. Татарчук Д.Д. Комбіновані структури НВЧ з діелектричним резонансом Е-типу: Дис. канд. техн. наук : 05.27.01. – К., 2001. – 169 с.