ТЕМА МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ:

«РЕЗОНАНСНІ ЧАСТОТНО-ВИБІРНІ СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОКРИСТАЛІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ»

- Виконав: студент гр. РІ-31м, Гуленко О.В.
- Науковий керівник: доцент каф. КіВРА, к.т.н. Назарько А.І.

О. В. Гуленко КіВРА 2015

МЕТА ТА АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Об'єкт дослідження — електромагнітнокристалічні неоднорідності та структури на їх основі.

Предмет дослідження — вузькосмугові фільтри на основі ЕК-неоднорідностей.

Мета роботи — використання тривимірних електромагнітнокристалічних неоднорідностей в структурі вузькосмугових фільтрів Wi-Fi діапазону.

Актуальність роботи — безпровідні технології Wi-Fi, у наш час, набули широкого поширення, що призводить до потреби постійного збільшення їх пропускної здатності. Це стає можливим за рахунок розширення та освоєння нових частотних діапазонів зокрема в діапазоні 5 ГГц для стандарту 802.11. Саме тому магістерська дисертація , що присвячена розробці НВЧ фільтрів є актуальною та має практичне значення.

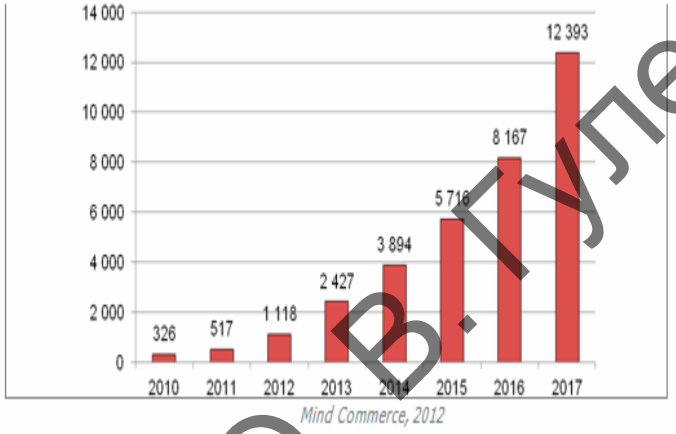


Рисунок 1 – Світовий ринок інфраструктури Wi-Fi операторського класу, тис. точок доступу 201-2017 рр.

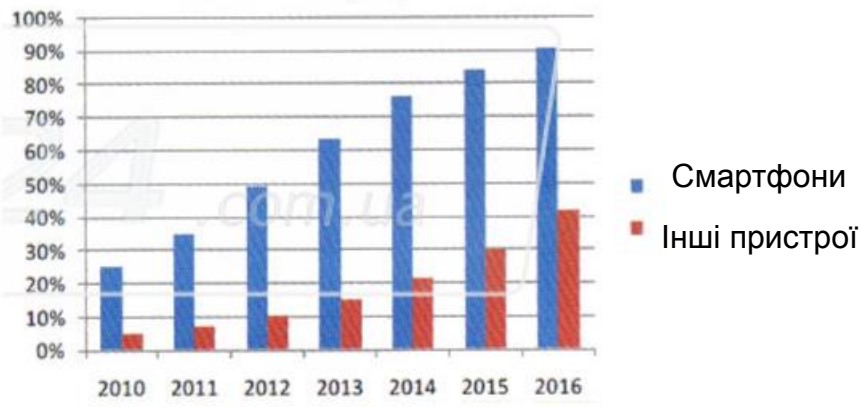


Рисунок 2 – Тенденції поширення термінальних пристроїв Wi-Fi

О. В. Гуленко, КВРА 2015

Структури з електромагнітними забороненими зонами

Електромагнітними структурами з забороненою зоною (англ. **electromagnetic band-gap**, **EBG**) називаються періодичні структури, які забороняють поширення електромагнітних хвиль НВЧ, або хвиль міліметрових діапазонів частот.

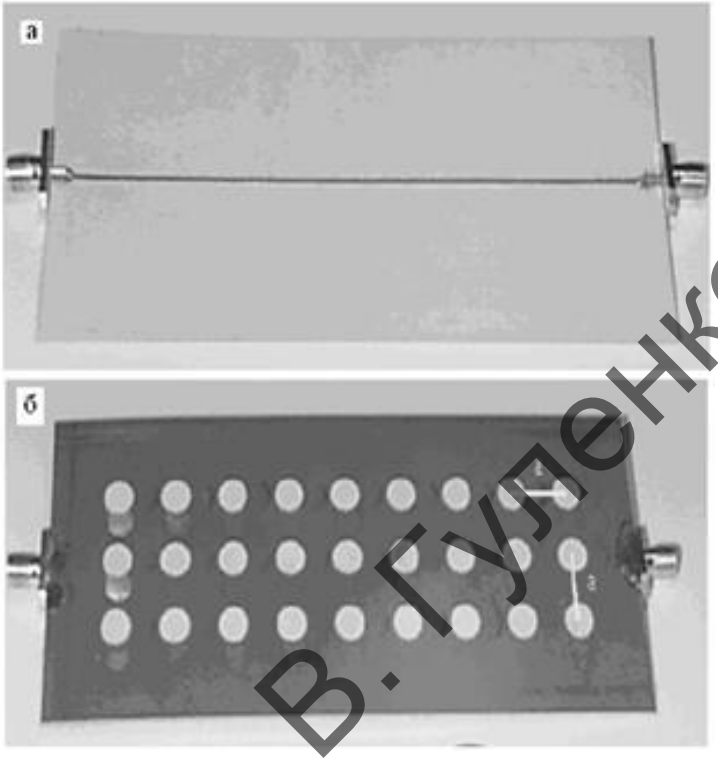


Рисунок 1

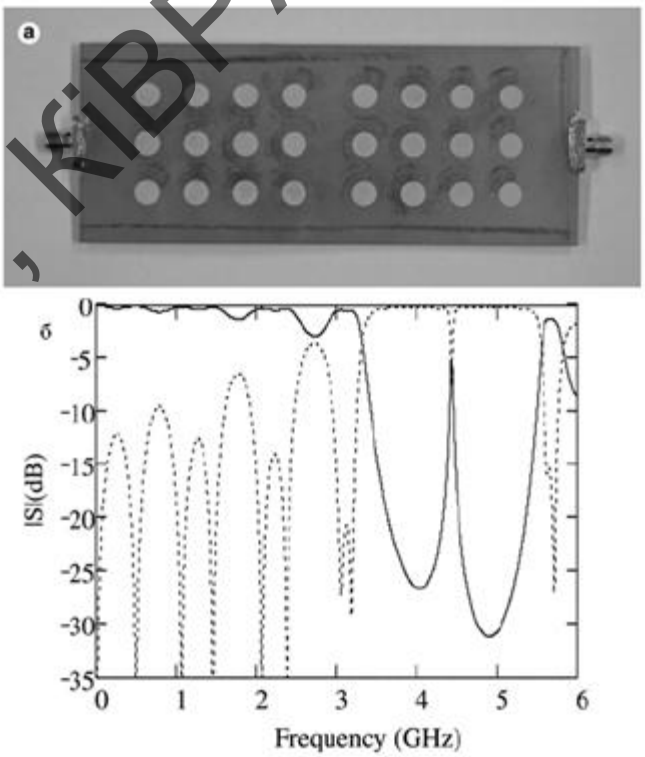
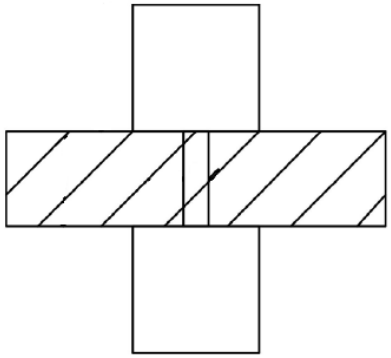


Рисунок 2

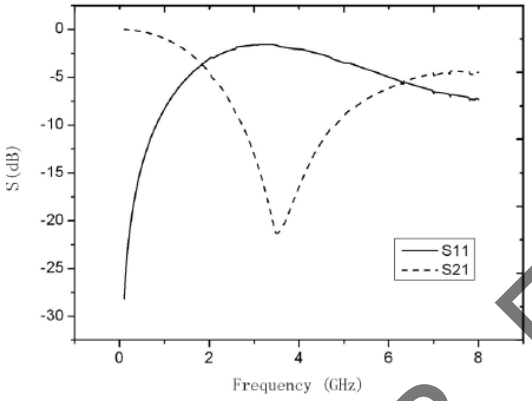
О. В. Гуленко, КІВРА 2015

СТРУКТУРИ З ПОРУШЕНИМ ШАРОМ ЗАЗЕМЛЕННЯ

DGS (англ. **defected ground structure**) — це періодична або неперіодична структура з порушеним шаром заземлення, у якій в результаті такого розриву ускладнюється поширення електромагнітного потоку, а також змінюються характеристики лінії передачі (наприклда її ємність або індуктивність).



а



б

Рисунок 1

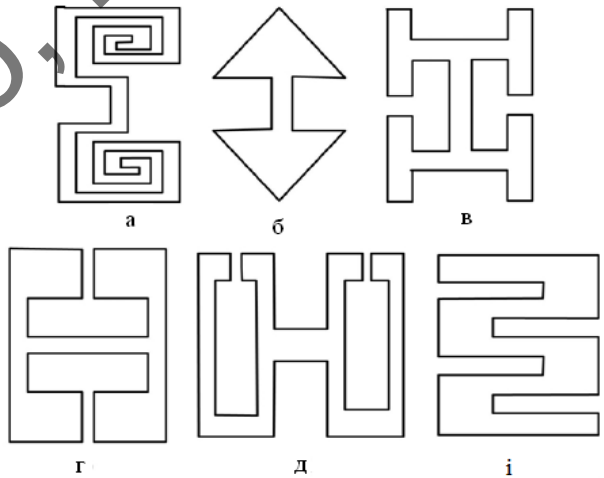
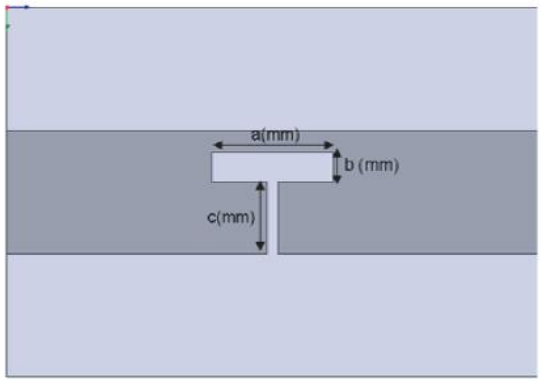


Рисунок 2

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

Структури з порушеним шаром сигнального провідника

У випадку структури з порушеним шаром сигнального провідника (англ. **defected microstrip structure, DMS**), на відміну від DGS, неоднорідна ділянка формується в сигнальному провіднику лінії передачі при відсутності розривів у шарі заземлення.



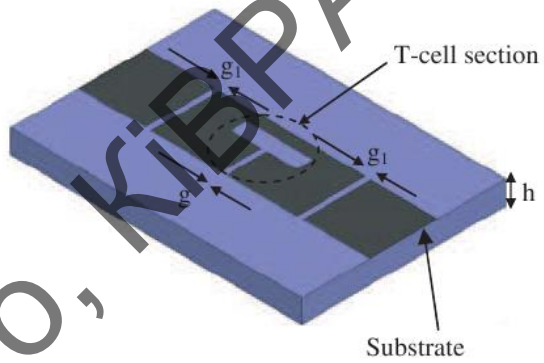


Рисунок 1

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

СТАНДАРТИ WI-FI ТЕХНОЛОГІЙ

В основі технології Wi-Fi лежить методика передачі даних по радіоканалу на частоті 2,4 ГГц за допомогою кодування сигналу спеціальними засобами. На сьогоднішній день використовується декілька стандартів Wi-Fi:

- 1) 802.11 — 1 Мбіт/с і 2 Мбіт/с, 2,4 — 2,483 ГГц;
- 2) 802.11a — 54 Мбіт/с, 5,15 — 5,35 ГГц або 5,65 — 6,425 ГГц;
- 3) 802.11b — 5,5 і 11 Мбіт/с, 2,4 - 2,483 ГГц;
- 4) 802.11g — 54 Мбіт/с, 2,4 - 2,483 ГГц;
- 5) 802.11n — 600 Мбіт/с, 2,4-2,5 ГГц або 5 ГГц.
- 6) 802.11ac – 866 Мбіт/с, 5,15-5,35 ГГц або 5,47-5,67 ГГц і 5,725–5,85 ГГц.

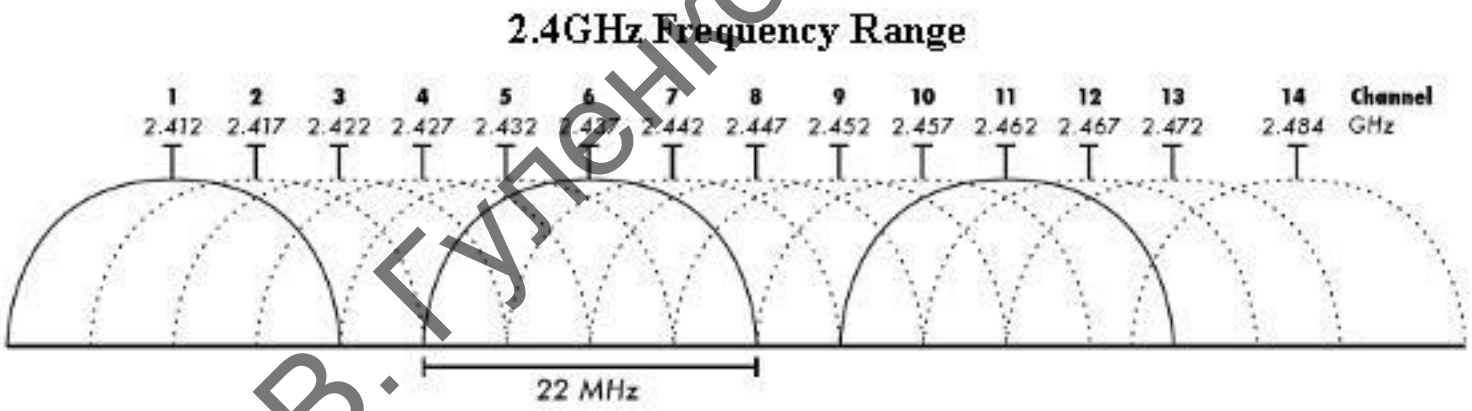


Рисунок 1

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

ТРАДИЦІЙНІ РІШЕННЯ ВИКОНАННЯ ВУЗЬКОСМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ НА МІКРОСМУЖЦІ

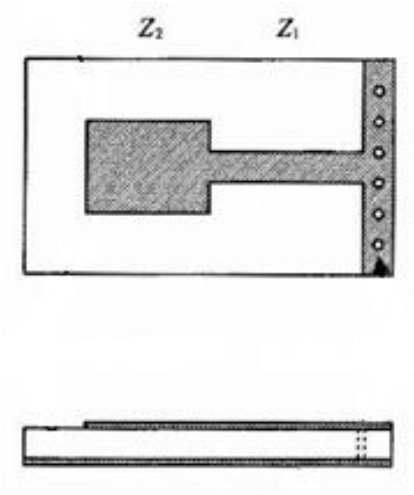


Рисунок 1

Серед традиційних рішень виконання вузькосмугових фільтрів на мікросмужці можна відмітити: чвертьхвильові фільтри, напівхвильові фільтри, фільтри з компланарним зв'язком.

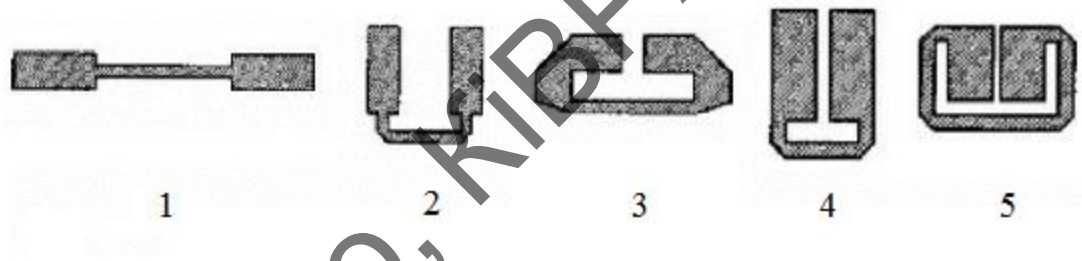


Рисунок 3

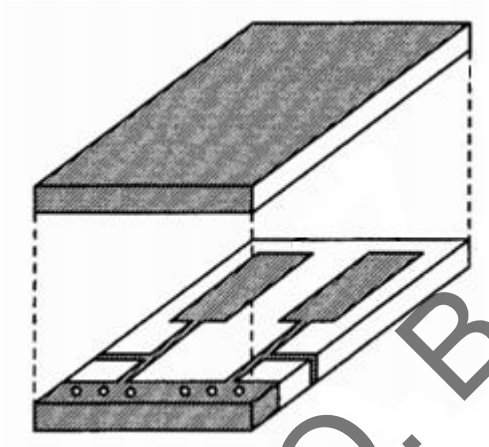


Рисунок 2

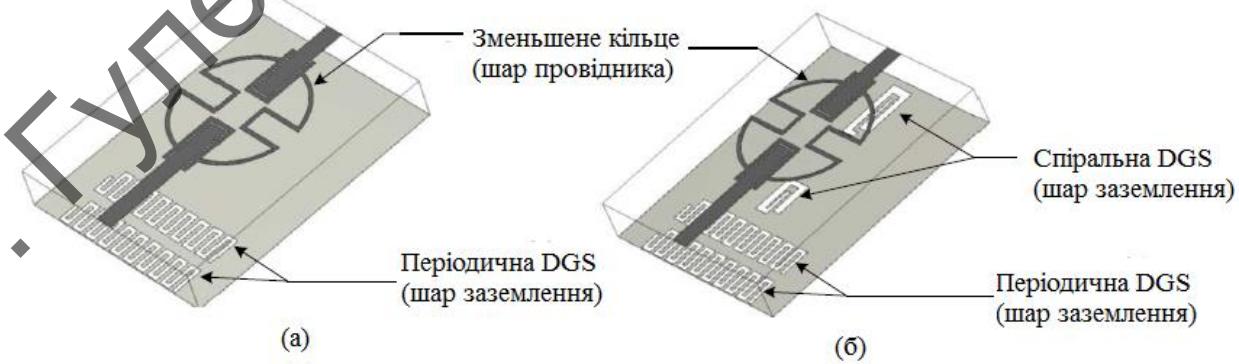
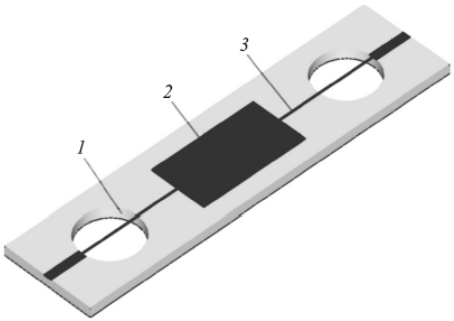


Рисунок 4

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

ВУЗЬКОСМУГОВІ ФІЛЬТРИ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КРИСТАЛІВ

Одним з різновидів кристалічних структур які дозволяють значно поліпшити характеристики пристроїв радіодіапазону є електромагнітні кристали (ЕК).



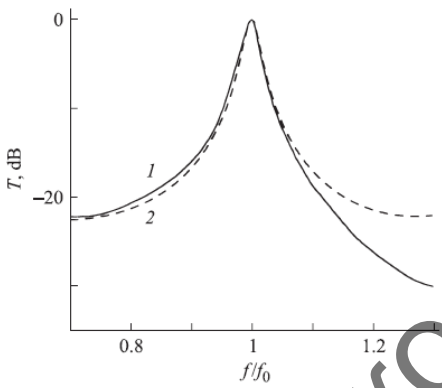
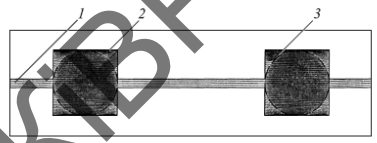


Рисунок 1



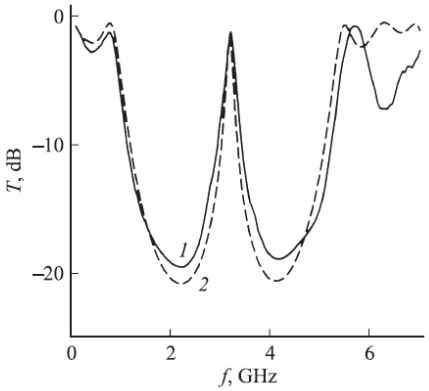


Рисунок 2

Параметри	З високоімпедансними ЕК-неоднорідностями		З низькоімпедансними ЕК-неоднорідностями	
	Експеримент [1]	Розрахунок [2]	Експеримент[1]	Розрахунок [2]
f_0 , ГГц	3,14	3,14	3,2	3,2
$\Delta f_{-3дБ}$, МГц	87	89	140	150
Внесені втрати, дБ	2,6	2,0	1,5	1,5

О. В. Гуленко, КВРА 2015

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧАСТОТНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ МАТЕРІАЛУ НА СТРУКТУРУ ФІЛЬТРА

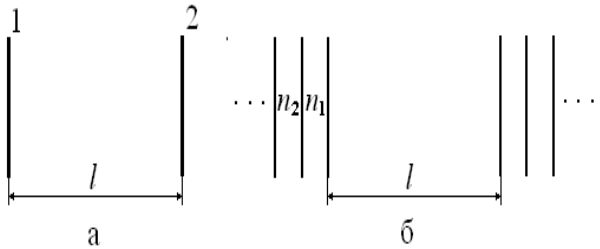


Рисунок 1

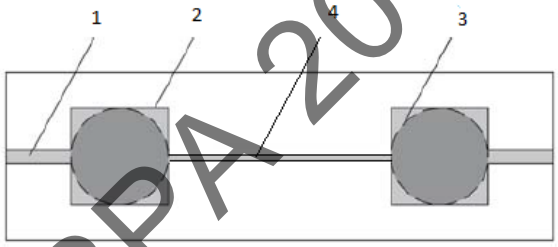


Рисунок 2

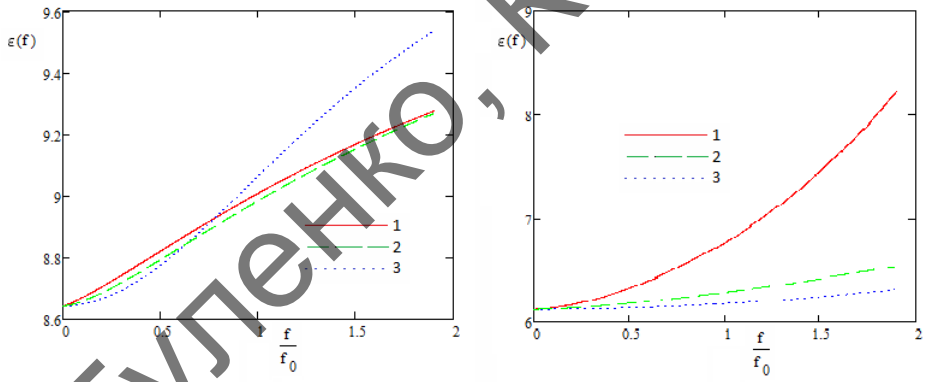


Рисунок 3

Формула	Ділянка низького імп.			Ділянка високого імпд.		
	ε_r (f_0)	λ, мм	l, мм	ε_r (f_0)	λ, мм	l, мм
Без частотної залежності εr	8,6	19,44	4,86	6,1	23,1	11,5
Кобояші [1]	9,008	19,014	4,75	6,768	21,965	10,983
Праманік-Бхатрія [2]	9,064	18,98	4,745	6,181	22,984	11,492
Кіршнінг-Янсен[3]	8,984	19,064	4,766	6,288	22,787	11,394

О. В. Гуленко, КіВРА 2015

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧАСТОТНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВУЗЬКОСМУГОВОГО ФІЛЬТРА

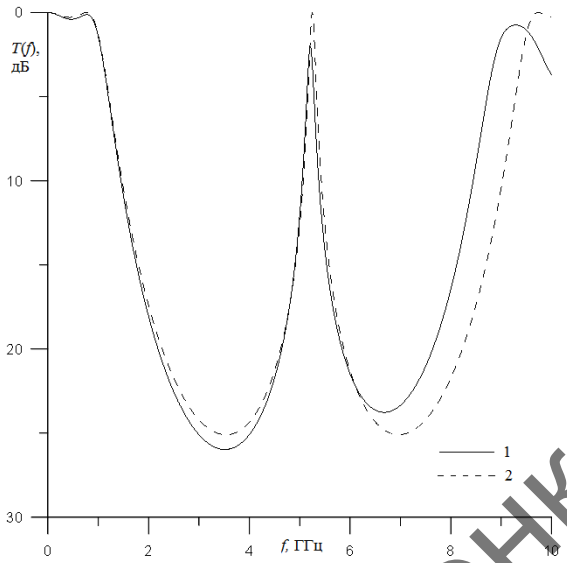


Рисунок 1

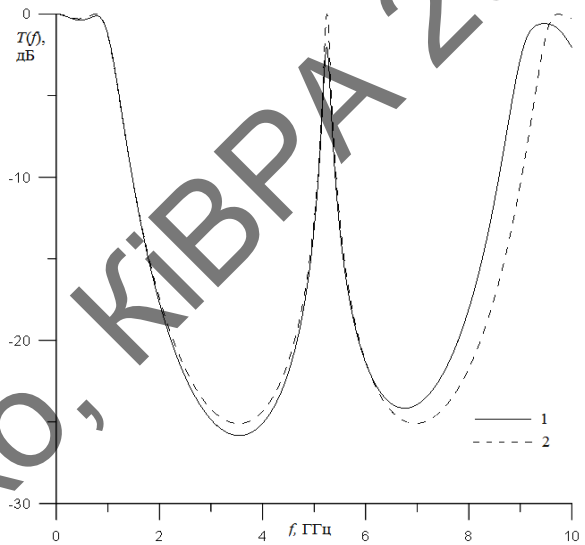
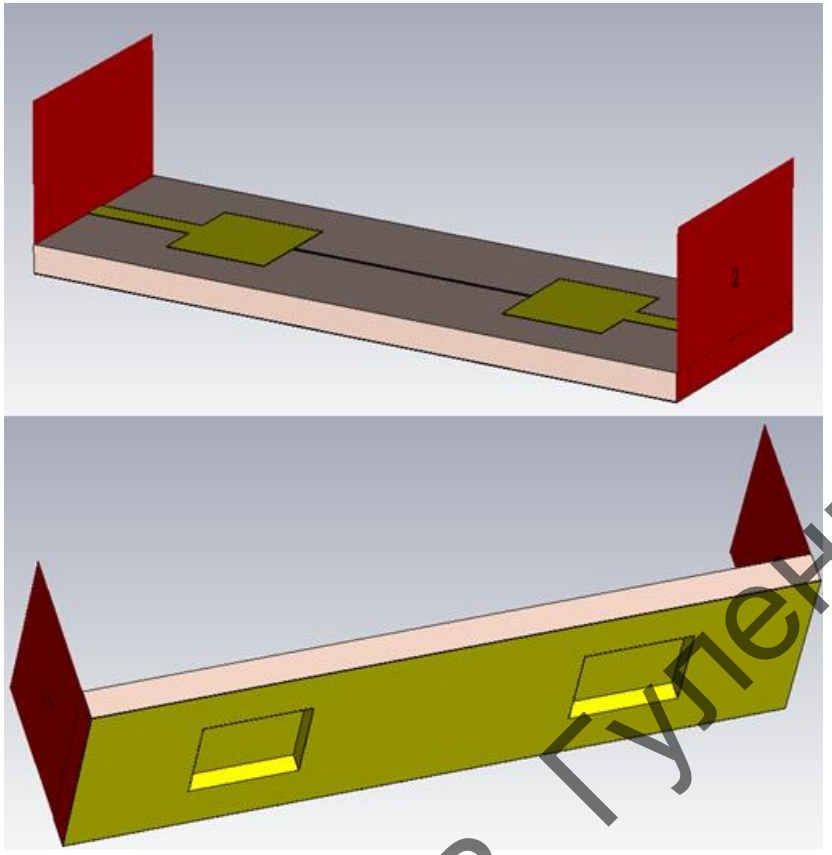


Рисунок 2

Параметри	1-D	3-D	
		врах.	без
f_0, ГГц	5,25	5,25	5,21
$\Delta f_{-3дБ}$, МГц	119	142	140
Заг., дБ	-25,2	-25,8 і -24,2	-26 і -23,8
В.в., дБ	-	2,02	2,01

О.В. Гуленко, КІВРА 2015

СТРУКТУРА ВУЗЬКОСМУГОВОГО ФІЛЬТРА НА ОСНОВІ МОДЕЛІ РЕЗОНАТОРА ФАБРІ-ПЕРО



Параметри структури:
Матеріал основи: **Rogers RO3010** з параметрами: ε_r**=10,2**, ***tg*δ=0,0023**, товщина основи **H=1,28 мм.**

1) **L=20,98 мм** – довжина всієї структури (0,37 частина хвилі);
2) **h=0,52 мм** –глибина ненаскрізного отвору;
3) **W=4,86** мм – ширина чвертьхвильової низькоімпедансної ділянки, **Z=10,3 Ом**;
4) **w= 0,1** мм – ширина високоімпедансної ділянки, **Z=112,2** Ом.

О. В. Гуленко КВРА 2015

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧАСТОТНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ МАТЕРІАЛУ НА СТРУКТУРУ ВИДОЗМІНЕНОГО ФІЛЬТРА

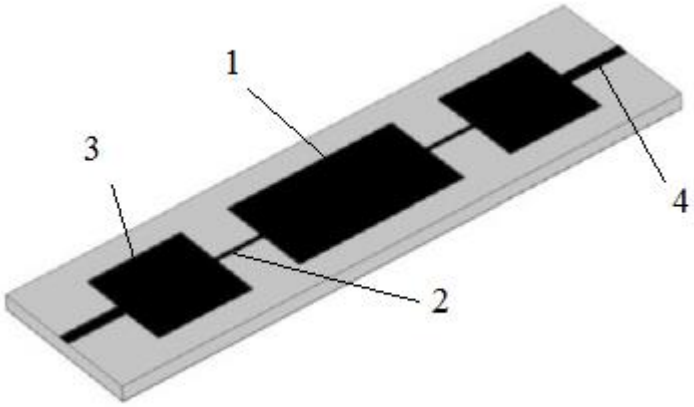


Рисунок 1

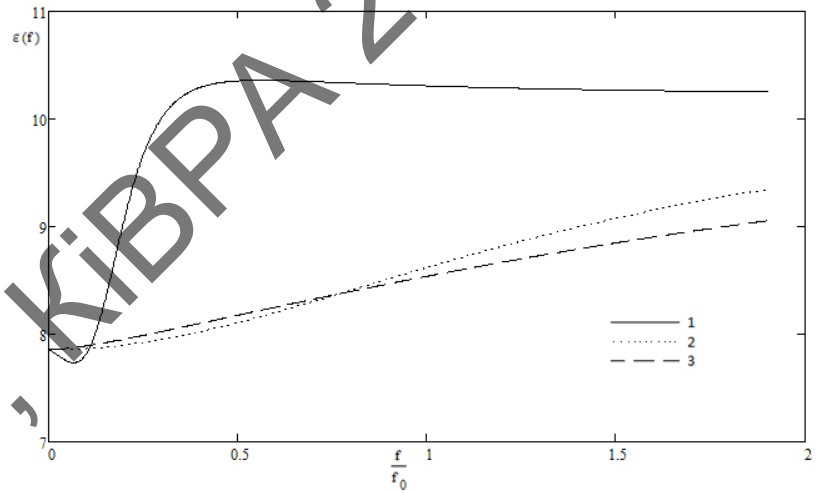


Рисунок 2

Формула	Ділянка низького імп.			Ділянка високого імпд.	
	$\varepsilon_{r1}(f_0)$	l_3, мм	l_1, мм	$\varepsilon_{r2}(f_0)$	l_2, мм
Без частотної залежності εr	7,86	5,1	10,2	6,13	5,77
Кобояші [1]	10,308	4,45	8,899	6,78	5,491
Праманік-Бхатрія [2]	8,62	4,866	9,732	6,181	5,746
Кіршнінг-Янсен[3]	8,538	4,889	9,778	6,288	5,697

О. В. Гуленко, КіВРА 2015

ВПЛИВ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДОЗМІНЕНОГО ВУЗЬКОСМУГОВОГО ФІЛЬТРУ

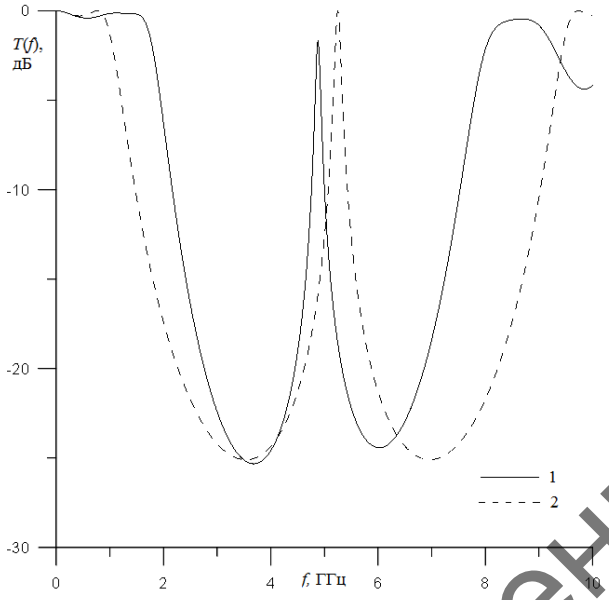


Рисунок 1

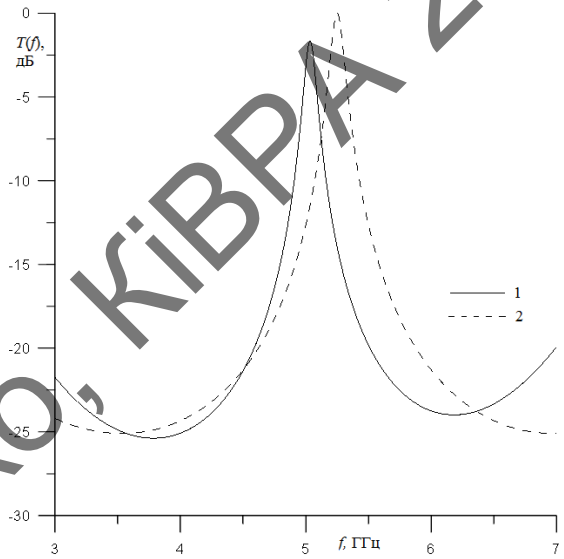
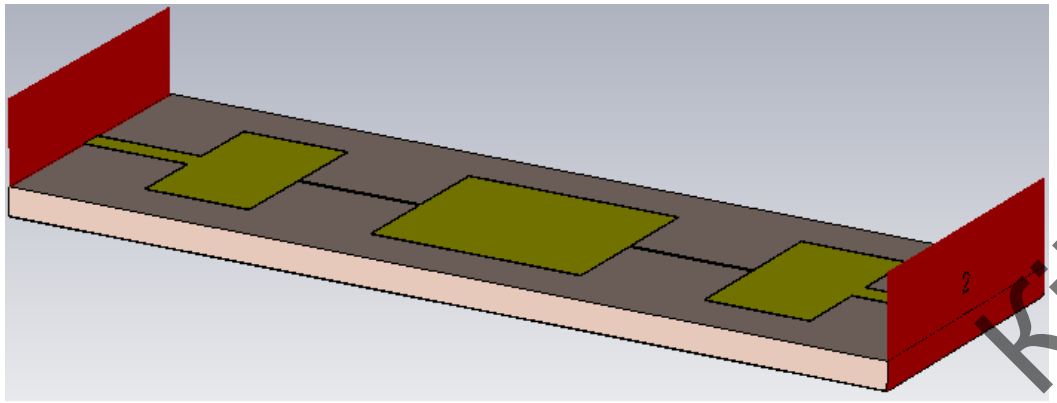


Рисунок 2

Параметри	1-D	3-D	
		врах.	без
f_0 , ГГц	5,25	5,04	4,88
$\Delta f_{-3дБ}$, МГц	80	110	100
Заг., дБ	-26,8	-24,4 і -24	-25,33 і -24,4
В.в., дБ	-	1,66	1,67

О. В. Гуленко, КіВРА 2015

СТРУКТУРА ВИДОЗМІНЕНОГО ВУЗЬКОСМУГОВОГО ФІЛЬТРУ



Параметри структури:
Такий же матеріал основи як у першій структурі.
1) **L = 30,96 мм** – довжина всієї структури (0,54 частина хвилі);
2) **w_1 = 4,86** мм – ширина чвертьхвильової низькоімпедансної ділянки, **Z= 21,3 Ом**;
3) **w_2 = 0,1** мм – ширина високоімпедансних відрізків, **Z=112,2 Ом**.

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

Висновки

- Аналіз впливу частотної залежності ефективної діелектричної проникності матеріалу на характеристики вузькосмугових фільтрів показав, що врахування цих особливостей в математичних моделях дозволяє скорегувати розміри пристроїв для забезпечення заданої резонансної частоти.

- Створені одновимірна математична модель з урахуванням частотної залежності ефективної діелектричної проникності матеріалу та тривимірна модель фільтра мають хорошу відповідність забезпечують задану резонансну частоту **f = 5,25 ГГц**.

- Математична модель структури другого фільтру потребує додаткових досліджень через необхідність врахування додаткових реактивностей при різкій зміні імпедансів. Без врахування цих особливостей похибка точності розрахованої частоти резонансу склала **4% (5,04 ГГц)**.

- Внесені втрати на частоті резонансу в спроектованих фільтрах **не перевищують 2 дБ**, задані в технічному завданні, однак ширина смугу пропускання за рівнем -3 дБ більша, ніж це передбачено (40 МГц) відповідно на 100 МГц і 70 МГц.

О. В. Гуленко, КІВРА 2015

Дякую за увагу!

О. В. Гуленко, КіВРА 2015