

УДК 621.396.6

Бугрова Т.І.¹, Селюк Є.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-213м НУ «Запорізька політехніка»

ДРУКОВАНА ГОЛОГРАФІЧНА АНТЕНА

Геометрія антени показана на рис. 1. Поверхневий імпеданс в цьому випадку модулюється за допомогою друку щільної металевої текстури у вигляді квадратиків або кружків на поверхні екранованої металом діелектричної пластини. Завдяки мілкоструктурному рисунку друкованих металевих квадратиків або кружків ця конструкція називається голографічною. Структура відноситься до метаматеріалів і теоретично металеві елементи можуть бути будь-якої регулярної форми (ромбики, зірочки, хрестики, тощо). До речі, в майбутньому варто дослідити, як вид метаматеріалу (форма і розміри елементів) впливає на електричні параметри та частотні характеристики даної антени.

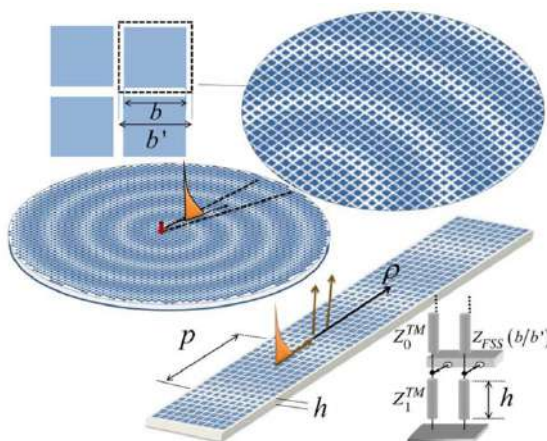


Рисунок 1 – Друкована плоска голографічна антена, геометрія її 2D задачі, і еквівалентна модель в теорії кіл при збудженні структури поверхневою хвилею електричного типу

Квадратики з металу, як і прийнято для метаматеріалу, мають дуже маленький електричний розмір. Менший поверхневий імпеданс виконується шляхом друку менших за розміром металевих квадратиків. То ж спіраль легко виготовляється або за стандартною тонкоплівковою технологією, або навіть друкується безпосередньо на 3D принтері. Поверхня набуває виду

спіралі за рахунок чередування більших і менших за розміром металевих квадратиків. Можна спробувати дослідити й інверсний варіант – коли замість голографічного металевого рисунку спіраль створюється квадратними отворами в поверхневій металізації діелектричної пластини. До речі, такий варіант буде мати перевагу в ефективності в діапазоні міліметрових та субміліметрових хвиль завдяки зменшенню дисипативних втрат в металі.

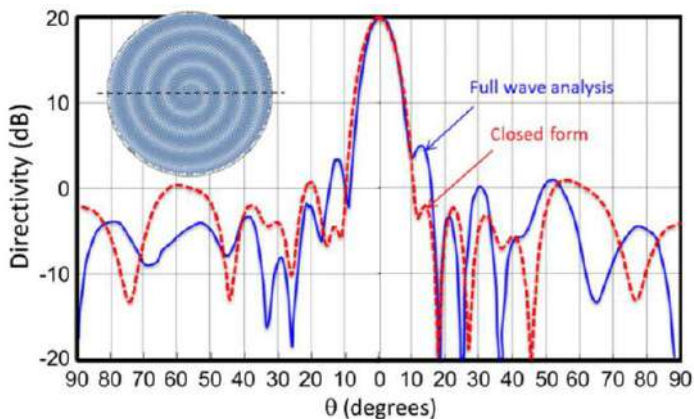
Створення конструкції голографічної спіральної антени за алгоритмом подібне до створення діелектричної спіральної лінзи. Величина середнього поверхневого опору вибирається з умови неможливості поширення в імпедансному середовищі вищих типів хвиль. Імпеданс зв'язується з геометрією структури за допомогою параметричного дисперсійного аналізу з використанням лінії живлення з хвилею збудження електричного типу. При цьому поле записується у вигляді суми просторових гармонік Флоке. (рис.1). Піксельна структура описується сумою гармонік Флоке і може бути змодельованою за допомогою додаткового поверхневого імпедансу в напрямку, що є паралельним до лінії передачі. Величина цього додаткового імпедансу, сформованого спектром гармонік Флоке, залежить від відношення між розміром квадрата b та його локальним періодом b' (рис.1).

Для розв'язування дисперсійного рівняння використовується метод узгодження нульового полюса [1] та метод моментів [2].

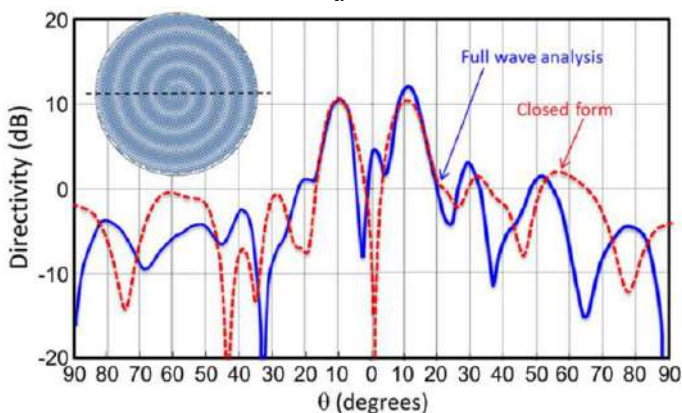
Розглянемо конструкцію голографічної антени з метаматеріалом у вигляді металевих квадратиків з підсиленням у 20 dB на частоті 13 GHz. Вся поверхня спіралі створена металевими квадратами різного розміру у кількості 3323 шт. Вони надруковані на екранованій діелектричній пластині, виконаній на матеріалі з відносною діелектричною проникністю 10,2 та товщиною $h=0,82$ мм. Індекс модуляції $M=0,5$ та відносний поверхневий імпеданс дорівнює 0,71. Для того, щоб отримати підсилення у 20 dB, радіус антени повинен дорівнювати $a=3,67\lambda$. На рис. 2, а, б показано діаграми спрямованості для основного та крос-поляризованого поля випромінювання. Результати розрахунку діаграм спрямованості в наближенні повного поля та порівняння їх з результатами, отриманими аналітичним шляхом представлені на рис.2, а, б.

Збіжність аналітичних результатів та результатів моделювання по повному полю, особливо в районі головної пелюстки, а також співпадіння в оцінках рівня послаблення більшості з бічних пелюсток діаграми спрямованості можна вважати цілком задовільними.

Ця обставина може слугувати фактичним підтвердженням адекватності як обраних для аналізу голографічних антен методів, так і алгоритмів створення самих конструкцій.



a



б

Рисунок 2 - Діаграми спрямованості антени для основної (а) та крос-поляризації (б) для антени з підсиленням 20 dB на частоті 13 GHz.

На рис.2 також представлені результати порівняння хвильового аналізу без втрат на поглинання (суцільна лінія) і з урахуванням поглинання (пунктирна лінія).

Наостанок слід зазначити, що різні види сучасних спіральних антен (не тільки голографічні) мають великий потенціал поліпшення параметрів і характеристик, а також заслуговують на подальші дослідження й експерименти з ними завдяки їх низькопрофільній конструкції і високим коефіцієнтам підсилення.

Розглянута в дослідженні голографічна антена є геометрично плоскою і з єдиним портом живлення. Це полегшує і здешевлює використання низькопрофільних антен подібної конструкції у безпілотних літальних апаратах, а також у наземних та морських дронах, тому що в процесі переміщення в просторі такі антени не створюють аеродинамічного або гідродинамічного опору середовищу руху носія. Основною для антен такого типу є поляризація обертання, яка зменшує потужність завад, утворених навмисно засобами радіоелектронної боротьби ворога.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Maci. FSS-based EBG surfaces/S. Masi// In Electromagnetic Metamaterials: Physics and Engineering Aspects, R. W. Ziolkowski and N. Engheta, Eds. -New York: Wiley Interscience, 2020, ch. 13.
2. P. De Vita. Fast analysis of large finite arrays with a combined multiresolution—SM/AIM approach/ P. De Vita, A. Freni, F. Vipiana, P. Pirinoli, and G. Vecchi // IEEE Trans. Antennas Propag.-2022.-Vol. 74.- N. 12.- Pp.3827–3832.