



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40962 (13) A

(51) 7 H01Q13/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) НАДШИРОКОСМУГОВА РУПОРНА АНТЕНА ТЕМ-ХВИЛІ

(21) 2000127026

(22) 07.12.2000

(24) 15.08.2001

(46) 15.08.2001, Бюл. № 7, 2001 р.

(72) Єрмаков Геннадій Валентинович, Антонов Георгій Силантієвич, Литвинчук Ігор Іванович, Шеянов Василь Федорович

(73) ХАРКІВСЬКИЙ ВІЙСЬКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Надширокосмугова рупорна антена ТЕМ-хвилі, яка містить дві провідні поверхні, що утворюють рупор, яка відрізняється тим, що поверхні виконані експоненціальними в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат.

Винахід відноситься до антен, більш конкретно до надширокосмугових (НШС) рупорних антен, призначених для випромінювання ТЕМ-хвиль з великими електричними розмірами ($L > \sigma_{\text{т}}$, L - геометрична довжина антени, $\sigma_{\text{т}}$ - просторова тривалість імпульсу) і може бути використаний для вирішення задач розпізнавання та ідентифікації радіолокаційних об'єктів, що знаходяться на значному віддаленні від РЛС.

Відомий ряд конструкцій ТЕМ-рупорів для підповерхневого зондування з геометричними розмірами, які співпадають з просторовою тривалістю імпульсу. В [1] описаний ТЕМ-рупор, який містить дві провідні площини, що утворюють V-структуру. Зовнішня крайка пластин являє собою частину окружності. Для поліпшення спрямованості і зменшення фізичних розмірів антени ТЕМ-рупор заповнюють діелектриком (у даному випадку силіконом з $\epsilon = 2,89$), що дозволяє збільшити електричний розмір антени в 1,7 рази. Це, у свою чергу, збільшує хвильовий опір антени. Для досягнення припустимого коефіцієнта біжучої хвилі (КБХ), необхідно при заданому геометричному розмірі антени експериментально підбирати кут розкриття рупора. Як і запропонований винахід, відомий аналог містить дві провідні поверхні, що утворюють рупор. Причиною, що перешкоджає отриманню технічного результату, є використання для утворення рупора плоских поверхонь невеликих розмірів, що приводить до обмеження по нижній частоті випромінюваного сигналу (ширина смуги - 500 МГц... 4 ГГц). При відеоімпульсному методі локації це приводить до значного спотворення випромінюваного сигналу за рахунок обрізання низькочастотних складових спектра, та може привести до погіршення можливостей виявлення малопомітних об'єктів.

В [2] запропонована конструкція ТЕМ-рупора для підземного зондування з прямолінійним (V-образним) поперечним і криволінійним повздовжнім перерізами. Як і запропонований винахід, відомий аналог містить дві поверхні, які створюють рупор. Причиною, яка перешкоджає отриманню технічного результату, є та, що радіус кривизни, по-перше, змінює свій знак, по-друге, радіус кривизни зіставимий з просторовою довжиною імпульсу. Це приводить до того, що кривизну поверхні можна вважати локальною неоднорідністю лінії передачі, що приводить до істотного додаткового випромінювання електромагнітного поля на цій неоднорідності, тобто до появи парціальних імпульсів значної амплітуди.

Відома також конструкція, що представляє дві провідні площини, що утворюють рупор. Кожна площа виконана з повздовжніх провідників («пальців») діаметром 1 мм [3]. Як і запропонований винахід, відомий аналог містить дві провідні площини, що утворюють рупор. Причиною, що перешкоджає одержанню технічного результату, є незадовільна інтенсивність випромінювання та обмеженість використання такої конструкції в реальних умовах.

Прототипом обрана конструкція ТЕМ-рупору [4], що представляє собою дві розбіжні трикутні пластини. Відношення ширини пластин до відстані між ними вибрано постійним для поточних перерізів, ортогональних до повздовжньої осі антени, і рівним подвоєному відношенню діаметра провідників до відстані між ними для двухпровідної лінії плавного симетруючого переходу. У даній конструкції узгодження антени з фідером забезпечується за рахунок висоти зрізу зовнішнього циліндричного провідника коаксимальної лінії, з'єднаної з двухпровідною лінією передачі. Як і заявляємий

винахід, прототип містить дві провідні поверхні, що утворюють ТЕМ-рупор. Причиною, що перешкоджає отриманню технічного результату, є велика амплітуда післяімпульсних коливань (відбиття від точки живлення антени), що приводить, з одного боку, до вимоги збільшення енергетичного потенціалу РЛС (невелика інтенсивність випромінювання), а з іншого - до неправильного визначення імпульсної характеристики цілі в деяких напрямках.

В основу винаходу покладено завдання створити таку НШС рупорну антену ТЕМ-хвилі, в якій виконання провідних поверхонь, що утворюють рупор, експоненціальними в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат дозволило б покращити ефективність випромінювання поля в зв'язку із збільшенням швидкості зміни струму у просторі і за рахунок цього дозволило б зменшити спотворення випромінюваного сигналу, тобто підвищити його інформативність щодо ознак радіолокаційних об'єктів.

Поставлене завдання вирішується тим, що в НШС рупорній антені ТЕМ-хвилі, яка містить дві провідні площини, що утворюють рупор, поверхні виконані експоненціальними в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат.

Пропонуємий винахід відрізняється від прототипу тим, що поверхні, які утворюють рупор, виконані експоненціальними в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат.

Між суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, якого можна досягти, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок. З математичного опису процесу випромінювання, отриманого на підставі рішень рівнянь Максвелла, випливає, що величина напруженості випромінюваного електромагнітного поля, визначається амплітудою струму імпульсу, що збуджує антену, швидкістю зміни амплітуди струму за часом і швидкістю зміни струму в просторі [5]. Амплітуда струму, так само як і швидкість зміни струму з часом, визначаються параметрами імпульсу струму, що збуджує антену. Ці параметри необхідно враховувати при розробці антенних систем, але впливати на них шляхом вибору конструкції випромінювача неможливо. Покращення ефективності випромінювання може бути досягнуто за рахунок збільшення швидкості зміни струму в просторі, тобто при використанні криволінійних поверхонь. Авторами запропонованого винаходу було виявлено, що найбільша ефективність випромінювання може бути досягнута при використанні рупора, стінки якого розходяться за експоненціальним законом, тобто для підвищення ефективності випромінювання необхідно використовувати ТЕМ-рупор з експоненціальними профілями в YOZ та XOZ площинах декартової системи координат. За рахунок цього зменшується спотворення випромінюваного сигналу, тобто підвищується його інформативність щодо ознак радіолокаційних об'єктів в різних точках простору. Це було підтверджено теоретичними та експериментальними дослідженнями.

На фіг. 1 зображено вигляд заявляємої антени в площині YOZ декартової системи координат, на фіг. 2 - у площині XOZ, на фіг. 3 - вигляд в аксонометрії, на фіг. 4 - часова залежність випроміню-

неного НШС сигналу при геометричних параметрах антени: $y=0,005\exp(2,9z)$; $x=0,2\exp(0,46z)$; $\alpha = 15-25^\circ$; $\beta=45^\circ$, на фіг. 5 - пікова діаграма спрямованості в Е-площині, на фіг. 6 - пікова діаграма спрямованості в Н-площині.

Згідно з фіг. 1, 2, 3 антена, що заявляється, містить дві криволінійні провідні поверхні 1 і 2 із експоненціальними профілями, що утворюють ТЕМ-рупор. Ширина поверхонь і кут розкриву α і β вибираються з тих міркувань, що хвильовий опір в області точки живлення повинен бути ≈ 50 Ом, а КБХ у широкому діапазоні частот приблизно одиниця. Розрахунок хвильового опору був виконаний з використанням методів розрахунку хвильового опору стрічкової лінії передачі. Розміри антени, що забезпечують найбільшу інтенсивність випромінюваного електромагнітного поля ТЕМ-рупора в діапазоні частот 50 МГц- 1,2 ГГц, такі: $L=1,5-2$ м, $\alpha=15-25^\circ$, $\beta=45-60^\circ$. Вибір такої конструкції дозволяє значно зменшити амплітуду післяімпульсних коливань, тим самим знижуючи вимоги до енергетичного потенціалу РЛС.

Для оцінки якості роботи антени був проведений ряд розрахунків та експериментальних досліджень. Програма розрахунку форми випромінюваного імпульсу (фіг. 4), пікової діаграми спрямованості в Е та Н-площинах (фіг. 5, 6) була заснована на методі інтегральних рівнянь і реалізована за допомогою пакета Fortran.

Результати досліджень показали, що найбільший вплив на сигнал, що випромінюється, має криволінійність випромінювача в площині YOZ та кут розкриву α антени (фіг. 1). Від останнього залежить КБХ, який в області низьких частот може бути багато менший 1.

Значний вплив на неспотворену передачу має також спектральний склад імпульсу. Так, при однаковій тривалості і приблизно однаковій формі НШС сигналу, менше спотворюється сигнал з більш крутими переднім і заднім фронтами, що відповідає переваженню високочастотної частини спектра.

Ширина діаграми спрямованості по максимальній амплітуді в значній мірі залежить від електричних розмірів антени та їх співвідношення з просторовою тривалістю імпульсу.

Джерела інформації

1. B. Scheers, M. Piette, A. Vander Vorst. Development of Dielectric-Filled TEM Horn Antennas for UWB GPR // Millenium Conference on AP2000 ESA SP-444 Proceedings, 2000, v.2 p. 187.
2. A. G. Yarovoy, A. D. Schukin, L. P. Ligthart. Development of Dielectric Filled TEM-Horn // Millenium Conference on AP2000 ESA SP-444 Proceedings, 2000, v.2 p. 188.
3. Cedric Martel, Michael Philipakis, David Daniels. Time Domain of a TEM Horn Antenna for Ground Penetrating Radar // Millenium Conference on AP2000 ESA SP-444 Proceedings, 2000, v.2 p. 186.
4. В.А. Колобов, Г.А. Полухін. "Надширокошумна НВЧ антена"// Радіотехніка, 1991, № 1, с. 66-68 (прототип).
5. Єрмаков Г. В. Электродинамический анализ надширокошумных структур поверхностного типа // Радіотехніка, 2000, № 115, с. 18.

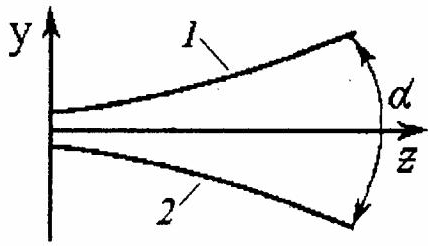


Fig. 1

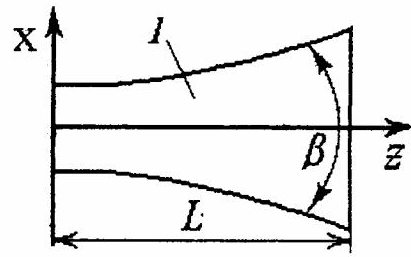


Fig. 2

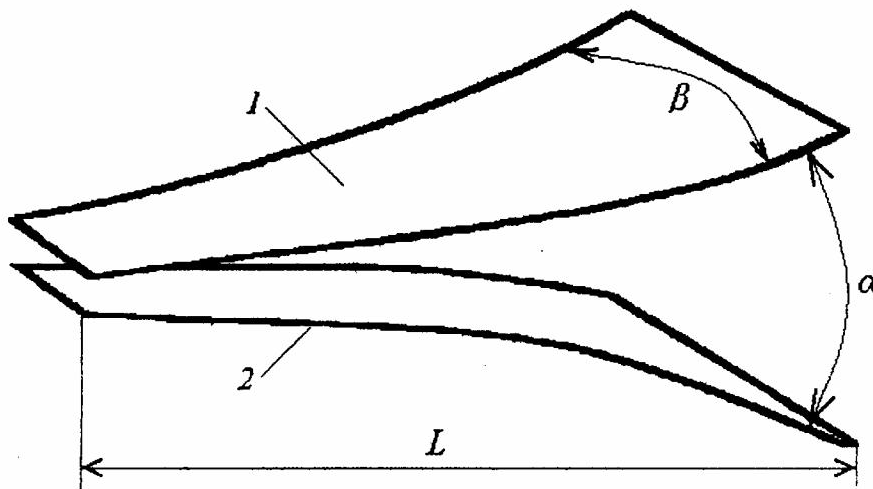


Fig. 3

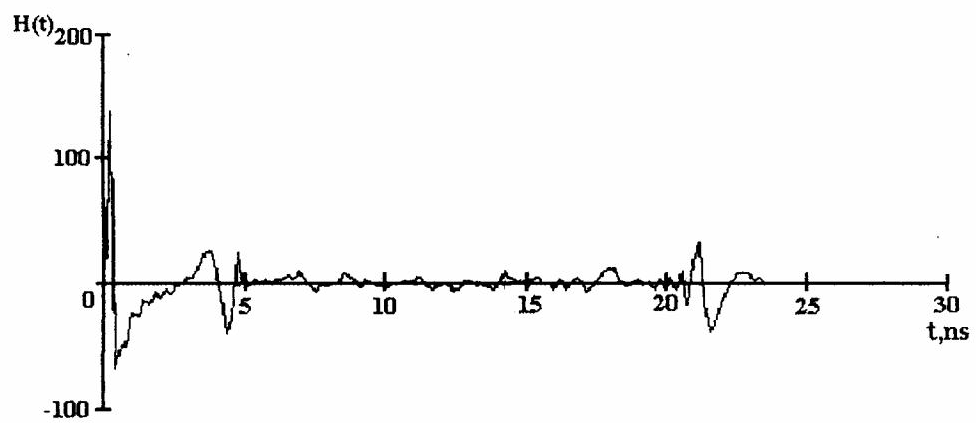
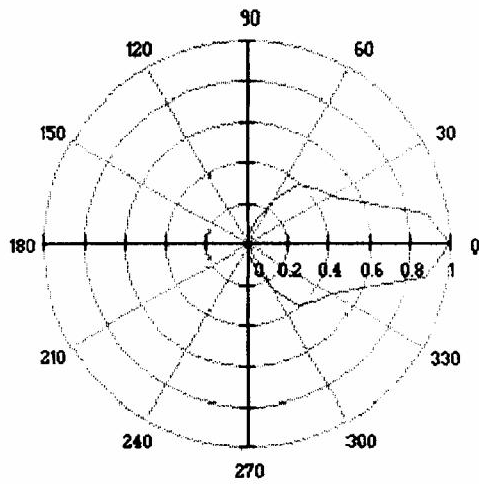
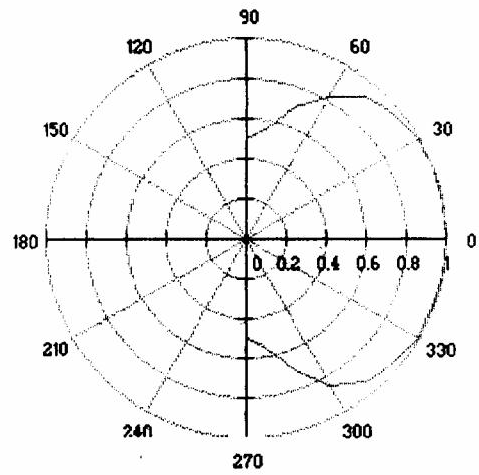


Fig. 4



Фіг. 5



Фіг. 6

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03
