



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **13368** (13) **U**
(51) МПК (2006)
H01Q 21/06МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС****ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) ФАЗОВАНА АНТЕННА РЕШІТКА**

1

2

(21) u200511266**(22)** 28.11.2005**(24)** 15.03.2006**(46)** 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.**(72)** Грибовський Олександр Володимирович, Кузьмичов Ігор Костянтинович, Селезньов Дмитро Георгійович**(73)** РАДІОАСТРОНОМІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**(57)** Фазована антенна решітка, що складається з провідного екрана товщиною $0,25\lambda_b < h < 0,5\lambda_b$ (λ_b - довжина хвилі у хвилеводі) з базовими комірками, що містять хвилевідні канали прямокутного перерізу з можливістю поширення в них тільки хвилі

H_{10} , над яким на металевій підкладці на відстані $0,25\lambda_b < h < 0,5\lambda_b$ (λ_b - довжина хвилі у вільному просторі) розташований планарний діелектричний хвилевід товщиною $0 < a_d < \lambda/4\sqrt{\epsilon - 1}$ (ϵ - діелектрична проникність планарного хвилеводу), яка **відрізняється** тим, що в базовій комірці виконано два хвилевідних канали, причому розміри комірки і хвилевідних каналів визначаються з умов: $\lambda < 2a_1$, $\lambda < 2a_2$ і $\lambda < d_1$, $\lambda < d_2$ (a_1, a_2 - розміри широких стінок хвилевідних каналів, d_1, d_2 - поперечні розміри базової комірки).

Корисна модель належить до антенної техніки міліметрового діапазону довжин хвиль і може бути використана для прийому і передачі електромагнітних коливань у сучасних радіолокаторах і системах пересувного зв'язку.

Фазовані антенні решітки (ФАР) із відкритих кіл хвилеводів з електричним скануванням діаграмою спрямованості [Амитей Н., Галиндо В., Ву Ч. Теория и анализ фазированных антенных решеток. Москва, Мир, 1974, 455 с.] широко використовуються в різних видах апаратури, в системах радіонавігаційного забезпечення аеропортів, супутникового віщання і зв'язку із штучними супутниками Землі, зв'язку з рухомими об'єктами і забезпечення безпеки руху автомобіля. Інтерес до ФАР викликаний безперервним зростанням об'єму інформації, яку повинні переробляти сучасні радіотехнічні системи. Теоретичний і практичний досвід вивчення і розробки антен з електричним скануванням за останні декілька років [Вендик О. Г., Парнес М. Д. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию) // Антенны. - 2002 № 2-3 (57-58). - с. 4-231.] указує на те, що до теперішнього часу основним конструктивним розв'язком антени з керованою діаграмою спрямованості стала фазована антенна решітка.

Важливу роль у роботі хвилевідних ФАР з електричним скануванням грають управляючі пристрої - елементи НВЧ ланцюгів, в яких відбувається

управління амплітудою і фазою хвилі. Ці пристрої управляють потоком електромагнітної енергії, внаслідок чого відбувається зміна розподілу амплітуд і фаз хвиль в хвилевідних каналах, по яких енергія підводиться до випромінюючої системи. В найпростішому випадку це пасивні багатополосники-фазообертачі або комутатори, вбудовані в систему хвилеводів. В загальному випадку система управляючих пристроїв може містити в собі складніші елементи, у тому числі і активні, перетворювачі частоти, підсилювачі потужності і помножувачі.

Фазовані антенні решітки сучасних радіолокаторів і систем пересувного зв'язку складаються з великої кількості випромінювачів [Денисенко В. В., Дубров Ю. Б., Корчемкин Ю. Б. и др. Многоэлементная ФАР K_a - диапазона // Антенны. - 2005 № 1 (95). - с. 7-14.], фази збудження яких управляються цифровими фазообертачами. В сучасних хвилевідних ФАР з електричним скануванням в двох площинах (двовимірне сканування) число управляючих елементів може досягати десятки тисяч, що приводить до значного ускладнення і дорожчання антени. Тому актуальною є задача оптимізувати антенну систему в цілому, тобто отримати просту, дешеву конструкцію за умови виконання усіх необхідних вимог.

Відома плоска антена міліметрового діапазону з комбінованим способом сканування [Євдокимов

(13) **U**
(11) **13368**
(19) **UA**

А. П., Крыжановский В. В. Плоская антенная решетка с комбинированным способом сканирования лучом // Электромагнитные волны и электронные системы. 2005. Т. 10 № 1-2, с. 52-56]. Основою антени є електродинамічна структура, що складається з планарного діелектричного хвильоводу і одновимірноперіодичної дифракційної решітки відбивного типу, розташованої на поворотному диску із приводом від крокового двигуна. Комбінований спосіб сканування включає електромеханічне сканування променем у вертикальній площині шляхом обертання диска і частотне сканування в горизонтальній площині.

Ця антена побудована на принципі перетворення поверхневої хвилі в об'ємні хвилі на одновимірних періодичних розсіювачах відбивного типу. В антенах вказаного типу область взаємодії поверхневої хвилі з періодичним розсіювачем і випромінююча область суміщені одна з одною. Ця обставина створює певні труднощі, як у конструктивному плані, так і у плані втрат випромінюваної потужності, які неминучі при проходженні електромагнітної хвилі через шар діелектрика.

Найбільш близьким за технічним рішенням аналогом (прототипом) є хвильовідна фазована антенна решітка із відкритих кінців прямокутних хвильоводів [Грибовский А.В. Новый способ управления излучением в волноводной фазированной антенной решетке // Радиофизика и радиоастрономия. 2002. Т. 7 № 1, с. 11-16], яка складається з провідного екрану товщиною $0,25\lambda_b < h < 0,5\lambda_b$ (λ_b - довжина хвилі у хвильоводі), з базовими комітками, що містять хвильовідні канали прямокутного перерізу, над яким на металевій підкладці на відстані $0 < b_d < 0,5\lambda$ (λ - довжина хвилі у вільному просторі) розташований планарний діелектричний хвильовід товщиною $0 < a_d < \lambda/4 \sqrt{\varepsilon - 1}$ (ε - діелектрична проникність діелектричного хвильоводу). Частотний діапазон антени обмежений розміром поперечного перерізу хвильоводів $a \times b$, при решті фіксованих параметрів антени, який вибраний за умови поширення тільки основного типу хвилі - H_{10} . Товщина екрану h , і відстань між екраном і планарним діелектричним хвильоводом b_d вибираються за умови максимального проходження електромагнітного поля в область вільного простору за екран. Товщина планарного діелектричного хвильоводу a_d вибирається за умови поширення в ньому тільки хвилі нижчого типу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити ФАР шляхом зміни амплітудно-фазового розподілу електромагнітного поля на випромінюючій апертурі решітки, яка дозволить збільшити ефективність перетворення потужності поверхневої хвилі у випромінюючу потужність і розширити робочий діапазон частот.

Поставлена задача вирішується тим, що у фазованій антенній решітці, що складається з провідного екрану товщиною $0,25\lambda_b < h < 0,5\lambda_b$, (λ_b - довжина хвилі в хвильоводі) з базовими комітками, що містять хвильовідні канали прямокутного перерізу з можливістю поширення в них тільки хвилі H_{10} , над яким на металевій підкладці на відстані $0 < b_d < 0,5\lambda$ (λ - довжина хвилі у вільному просторі) розташований планарний діелектричний хвильовід товщи-

ною $0 < a_d < \lambda/4 \sqrt{\varepsilon - 1}$ (ε - діелектрична проникність планарного хвильоводу), в базовій комітці виконано два хвильовідні канали, причому розміри комітки і хвильовідних каналів визначаються із умов: $\lambda < 2a_1$, $\lambda < 2a_2$ і $\lambda < d_1$, $\lambda < d_2$ (a_1 , a_2 розміри широких стінок хвильовідних каналів, d_1 , d_2 розміри базової комітки).

Виконання двох хвильовідних каналів в базовій комітці фазованої антенної решітки приводить до збільшення ефективності перетворення потужності поверхневої хвилі у випромінюючу потужність і розширення робочого діапазону частот.

Суть корисної моделі пояснюється ілюстраціями. На Фіг.1 показана базова комітка фазованої антенної решітки. Кут φ_d визначає напрям поширення поверхневої хвилі в діелектричному хвильоводі. На Фіг.2 показано переріз базової комітки ФАР і діелектричного хвильоводу площиною $x=0$ для випадку $\varphi_d=0^\circ$.

Фазована антенна решітка складається із ідеально провідного плоского екрану 1 кінцевої товщини з періодично розташованими в двох не ортогональних напрямках хвильовідними каналами прямокутного перерізу. Базова комітка екрану 2 містить два довільно розташованих прямокутних хвильоводів. Періоди структури вздовж вісей Ox і Oy дорівнюють $d_1/\lambda < 1$ і $d_2/\lambda < 1$, відповідно. Центри хвильовідних коміток в загальному випадку розміщені у вузлах косокутної сітки. Поперечні перерізи хвильоводів дорівнюють $a_n \times b_n$ $n=1,2$, де a_n - розмір хвильоводу вздовж вісі Ox ($2a_n > \lambda > (d_1(d_2))$), b_n - розмір хвильоводу вздовж вісі Oy ($b_n < a_n$). Розміри хвильоводів вибрані такими, що в них може поширюватись тільки основна H_{10} - хвиля. Положення хвильоводів на базовій комітці в площині $z=0$ визначається координатами центрів хвильовідних каналів x_n , y_n .

Над екраном на металевій підкладці в площині, паралельній площині апертури ФАР, розташована діелектрична пластина 3 товщиною $0 < a_d < \lambda/4 \sqrt{\varepsilon - 1}$. Нижній край пластини знаходиться на відстані $0 < b_d < 0,5\lambda$ від площини $z=0$. Величина діелектричної проникності матеріалу пластини дорівнює ε , а магнітної - $\mu=1$.

Запропонована фазована антенна решітка працює таким чином: поверхнева симетрична E - хвиля нижчого типу з амплітудою q_d поширюється у планарному діелектричному хвильоводі 3 у напрямку, визначуваному кутом φ_d . Розсіваючись на періодичній поверхні екрану 1 з прямокутними отворами, поверхнева хвиля перетворюється в хвильовідні хвилі з амплітудами $A_{1,2}$ і $C_{1,2}$ і в об'ємні хвилі з амплітудами q і B . Хвильовідні хвилі, що поширюються, випромінюються у вільний простір з амплітудами D . Із теорії фазованих антенних решіток відомо [Амитей Н., Галиндо В., Бу Ч. Теория и анализ фазированных антенных решеток. Москва, Мир, 1974, 455 с.], що, якщо електромагнітне поле в хвильовідних каналах при переході від одної хвильовідної комітки до іншої змінюється згідно із законом

$$\vec{E}_{mn}(\vec{H}_{mn}) = \vec{E}_{00}(\vec{H}_{00}) \exp\{i(m\psi_x + n\psi_y)\} \quad (1)$$

де $\vec{E}_{mn}(x, y)$ і - електромагнітне поле у хвиле-

відній комірки з номером (m, n) ;

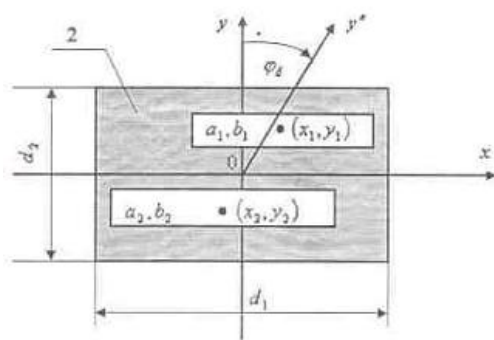
$\vec{E}_{00}(x, y)$ і $\vec{H}_{00}(x, y)$ - електромагнітне поле у випромінювачі з номером $(0, 0)$, а

ψ_x, ψ_y - фіксовані зсуви фаз відповідно по напрямках вісей Ox і Oy , то й лінійний фазовий розподіл (1) породжуватиме випромінювання в напрямі, визначуваному кутами ϑ, φ , які знаходяться із співвідношень:

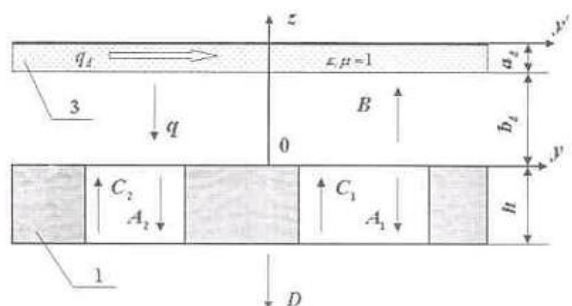
$$\begin{aligned} \psi_x &= kd_1 \sin \vartheta \cos \varphi \\ \psi_y &= kd_2 \sin \vartheta \cos \varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

де $k=2\pi/\lambda$; d_1, d_2 - розміри хвилевідної комірки у напрямках вісей Ox і Oy , відповідно; ϑ, φ - кути сфе-

ричної системи координат. Поверхнева хвиля, що поширюється в діелектричній пластині, має плоский фазовий фронт. Тому електромагнітне поле в хвилевідних каналах, при фіксованому напрямі поширення поверхневої хвилі, збуджується згідно із законом, аналогічному (1). При зміні напрямі поширення поверхневої хвилі у планарному діелектричному хвилеводі (зміна кута) відбувається зміна фазового розподілу електромагнітного поля в хвилеводних каналах, що веде, згідно (2), до зміни напрямі випромінювання ФАР, тобто до сканування головним променем.



Фіг. 1



Фіг. 2