

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 244342 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434186**

(22) Data zgłoszenia: **2020.06.03**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.12.06 BUP 36/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.01.15 WUP 03/2024**

(51) MKP:

H01Q 9/00 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 5/30 (2015.01)

- | |
|--|
| (73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL |
| (72) Twórca(-y) wynalazku:
GRZEGORZ BOGDAN, Warszawa, PL
YEVHEN YASHCHYSHYN, Lesznów, PL |
| (74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Piotr Mierzwiński, Warszawa, PL |

(54) Tytuł:

Antena elektrycznie mała

PL 244342 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest antena elektrycznie mała mająca zastosowanie zwłaszcza w odbiorniku systemu nawigacji satelitarnej. Wymiary anteny elektrycznie małej są dziesięciokrotnie mniejsze od długości fali na częstotliwości roboczej.

Wymiary anten elektrycznie małych są kilkukrotnie mniejsze niż $\frac{1}{4}$ długości fali. Projektowanie elektrycznie małych anten o szerokim paśmie częstotliwości (powyżej 1%) stanowi poważne wyzwanie. Szerokość pasma anteny elektrycznie małej jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do współczynnika dobroci anteny (Q). Miniaturyzacja anteny to powoduje obniżenie rezystancji promieniowania, wzrost reakcji wejściowej, zawężenie szerokości pasma pracy oraz niską sprawność promieniowania.

Istnieją fizyczne ograniczenia sprawności promieniowania anteny związane z rozmiarem anteny. Ograniczenia te są fundamentalne, a wartości graniczne są trudne do osiągnięcia. Główne techniki stosowane do zmniejszenia rozmiarów anteny to: dodatkowe obciążenie anteny (przy użyciu materiałów o wysokiej przenikalności elektrycznej lub magnetycznej), wirtualizacja części anten (przy użyciu płaszczyzn uziemienia lub zwarc) oraz optymalizacja geometrii.

Znana ze stanu techniki antena elektrycznie mała opisana została przez Cheng, W., Li, L., Liu, G., Xiao, Y., Wang, Z. Y., i Yang, J. X. w pracy „An Interdigital Capacitor Loaded Slot Antenna with Compact Size” Progress in Electromagnetics Research Letters, nr 64, str. 15–19, 2016. W przedstawionej publikacji antena jest zrealizowana w postaci prostokątnej szczeliny wytrawionej na wierzchniej warstwie prostokątnej płytki dielektrycznej z włókna szklanego. W miejscu węższej krawędzi szczeliny, a pomiędzy dłuższymi krawędziami tejże szczeliny, umieszczona jest struktura grzebieniowa. Zasilająca linia mikropaskowa umieszczona jest na spodniej warstwie płytki dielektrycznej.

Z dokumentu zgłoszeniowego FI 20085715 znany jest element anteny dielektrycznej odpowiedni dla małych urządzeń radiowych i antena oparta na takim elemencie antenowym. W celu zmniejszenia rozmiaru anteny stosuje się podłoże o stosunkowo wysokiej przenikalności dla przewodnika promieniującego. Podłoże jest wydłużone, a promieniująca przewodząca powłoka tworzy pętlę umożliwiającą krążenie prądu przez jego końce. Szerokość jednego dłuższego boku pętli jest co najwyżej połową szerokości drugiego długiego boku. Szerokość pasma bardzo małej anteny może być duża, ponieważ fazy fal elektromagnetycznych w gałęziach promiennika są prawie równe. Z tego samego powodu sprawność anteny może być stosunkowo dobra, pomimo dielektrycznego podłoża.

Ze zgłoszenia CN 101740871 znana jest zminiaturyzowana antena paskowa, która, w przeciwieństwie do tradycyjnej anteny mikropaskowej o dużych rozmiarach i niskiej efektywności promieniowania oraz kierunkowości, zawiera warstwę o ujemnej wartości stałej dielektrycznej oraz z typowej warstwy dielektrycznej, płaskiej metalowej poziomej warstwy i współosiowej sondy zasilającej. W antenie warstwa o ujemnej stałej dielektrycznej jest ułożona między typową warstwą dielektryczną a metalową poziomą warstwą. Górna powierzchnia typowej warstwy dielektrycznej jest pokryta idealnym przewodnikiem elektrycznym; powierzchnia poziomej warstwy metalu jest większa niż dolna powierzchnia warstwy o ujemnej stałej dielektrycznej; oraz zasilająca współosiowa sonda wchodzi w warstwę o ujemnej stałej dielektrycznej, warstwę o typowej stałej dielektrycznej oraz przez poziomą płaszczyznę metalu i jest do nich prostopadła. Zaletą anteny są bardzo małe rozmiary, prosta metoda zasilania, wygodna produkcja na dużą skalę i niski koszt.

Znana jest również antena wielopasmowa ze zgłoszenia FI 20095763, która oparta jest na elemencie dielektrycznym anteny. Element dielektryczny anteny zawiera dielektryczny element i dwa promienniki na jego powierzchni, które są skierowane do siebie z przeciwległych końców dielektrycznego elementu. Na końcu podłoża, pierwszy radiator jest połączony z przewodem zasilającym anteny i masą. Drugi radiator jest pasożytniczy i jest połączony z masą poprzez dwa punkty na przeciwległych końcach podłoża. Te dwa sprzężenia z masą wykonane są poprzez szeregowe obwody rezonansowe o różnej częstotliwości drgań własnych, tworząc dwa pasma robocze dla anteny. Ponadto, strukturalne części wspomnianych obwodów rezonansowych są bardzo małe. Sprawność anteny jest dobra w obu pasmach, ponieważ wykorzystuje się w nich objętość całego substratu.

Stosując jednocześnie co najmniej dwie techniki miniaturyzacji z pośród: dodatkowego obciążenia anteny lub wirtualizacji części anteny lub optymalizacji jej geometrii, można oczekiwać zwiększenia sprawności anten elektrycznie małych. Tak jak to zaprezentowano w przypadku przytoczonego stanu techniki.

Antena według wynalazku zapewnia antenę elektrycznie małą do zastosowania zwłaszcza w odbiornikach nawigacji satelitarnej. Antena opiera się na jednoczesnym zastosowaniu trzech wyżej wspomnianych technik miniaturyzacji, tj.: obciążenia anteny za pomocą bloku dielektrycznego, zastosowanie techniki wirtualizacji części anteny, oraz optymalizacji geometrii. Dzięki zastosowaniu jednocześnie trzech technik miniaturyzacji uzyskano zmniejszenie wymiarów anteny z jednoczesnym zachowaniem najwyższej możliwej sprawności promieniowania. Dodatkowo, aby zwiększyć uniwersalność rozwiązania, które można by stosować w różnych okolicznościach, zapewniono możliwość przestrajania anteny elektrycznie małej, co pozwala dostrajać częstotliwość jej pracy.

Antena elektrycznie mała zawierająca prostopadłościenny element dielektryczny o wysokim współczynniku przenikalności dielektrycznej o wydłużonej podstawie znajdującej się na podłożu pokrytym przewodzącą warstwą stanowiącą powierzchnię odniesienia, charakteryzuje się tym, że krótszy bok prostopadłościennego elementu dielektrycznego, który jest bliższy linii zasilającej, pokryty jest warstwą przewodzącą, która łączy elektrycznie pierwszy pasek przewodzący na górnej płaszczyźnie z powierzchnią odniesienia. Pierwszy pasek przewodzący na górnej płaszczyźnie jest sprzężony elektrycznie strukturą grzebieniową z drugim paskiem przewodzącym na górnej płaszczyźnie. Drugi pasek przewodzący jest połączony z trzpieniem przewodzącym, który jest połączony z linią zasilającą antenę.

Korzystnym jest, gdy struktura grzebieniowa jest zrealizowana w postaci cienkich pasków przewodzących naprzemiennie podłączonych do pierwszego paska i drugiego paska przewodzącego na górnej powierzchni elementu dielektrycznego.

Również korzystnie jest, gdy linia zasilająca jest linią współosiową przechodzącą przez płaszczyznę odniesienia.

Korzystnym jest także, gdy od spodu w elemencie dielektrycznym znajduje się stroik w postaci cylindrycznej wnęki oraz wsuwanego pręta wykonanego z metalu.

Korzystnym jest, gdy element dielektryczny wykonany jest z korundu.

Korzystnym jest, gdy prostopadłościenny element dielektryczny ma wymiary 10-krotnie mniejsze niż długość fali, korzystnie $10 \times 10 \times 22$ mm.

Strojenie anteny elektrycznie małej polega na tym, że wsuwa się do cylindrycznej wnęki stroika pręt wykonany z metalu, aż do uzyskania właściwej charakterystyki anteny, a następnie ustala się pozycję wsuwanego pręta, aby przypadkowo się nie poruszył.

Zastosowanie struktury grzebieniowej nie jest samodzielną techniką wymaganą do zmniejszenia wymiarów anteny lecz sposobem na dokładne dopasowanie anteny za pomocą optymalizacji wszystkich komponentów anteny. Dzięki dostosowaniu wymiarów struktury grzebieniowej umieszczonej na bloku dielektrycznym, który z kolei usytuowany jest na określonej powierzchni przewodzącej wraz z metalizacją jednego boku od strony elementu zasilania uzyskano zoptymalizowaną strukturę anteny. Tylko w tej zoptymalizowanej postaci antena charakteryzuje się odpowiednimi właściwościami: 1.4% szerokość pasma pracy (na poziomie – 6dB), sprawność powyżej 35%, możliwość przestrajania częstotliwości pracy o ponad 10%.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowy anteny elektrycznie małej, fig. 2 przedstawia widok aksonometryczny anteny wzdłuż krótszego boku podstawy dielektrycznego elementu anteny, fig. 3 przedstawia widok aksonometryczny anteny wzdłuż dłuższego boku podstawy to dielektrycznego elementu anteny oraz zasilającą linię współosiową, fig. 4 przedstawia widok aksonometryczny anteny elektrycznie małej ze stroikiem w rzucie aksonometrycznym, fig. 5 przedstawia strukturę grzebieniową. Zmierzone wartości charakterystyk anteny elektrycznie małej są pokazane na fig. 6, który przedstawia charakterystykę strat odbiciowych anteny elektrycznie małej, oraz na fig. 7, który przedstawia dwa główne przekroje charakterystyki promieniowania tejże anteny. Wyniki symulacji dla przykładu wykonania umieszczono na wykresie, na którym fig. 8 przedstawia zyski realizowalne dla różnych ustawień stroika.

Fig. 1 przedstawia schemat ideowy anteny elektrycznie małej będącej przedmiotem wynalazku. Zmniejszenie wymiarów anteny wynika z zastosowania prostopadłościennego kryształu 5 o wysokiej wartości przenikalności elektrycznej, płaszczyzny odniesienia 6 w postaci ekranu przewodzącego, oraz struktury grzebieniowej 1 o pojemnościowym charakterze (na fig. 1 oznaczona symbolem pojemności) redukującym induktancję trzpienia przewodzącego 9, który łączy antenę z linią zasilającą.

W przykładzie wykonania pokazanym na fig. 2 oraz fig. 3 struktura grzebieniowa 1 umieszczona jest pomiędzy pierwszym paskiem przewodzącym 3 oraz drugim paskiem przewodzącym 2. Jedna z powierzchni bocznych prostopadłościennego kryształu 5, bliższa linii zasilającej, jest pokryta warstwą

metal 4 i stanowi połączenie elektryczne pomiędzy pierwszym paskiem przewodzącym 3 a płaszczyzną odniesienia 6 w postaci ekranu przewodzącego. Przez płaszczyznę odniesienia 6 przechodzi linia koncentryczna 8 zakończona trzpieniem przewodzącym 9, który jest podłączony do linii przewodzącej 2 poprzez przewód 10.

W przykładzie wykonania na fig. 4 w prostopadłościennym kryształ 5 i w ekranującej płaszczyźnie odniesienia 6 wywiercona jest cylindryczna wnęka 11, w którą jest wsuwany metalowy pręt 12. Strojenie polega na zmianie głębokości wsunięcia metalowego pręta 12 we wnękę 11 co skutkuje zmianą częstotliwości pracy określoną jako częstotliwość dla której uzyskuje się maksymalny zysk.

W przykładzie wykonania struktury grzebieniowej pokazanej na fig. 5 linie 5 przewodzące 13 są naprzemiennie podłączone do linii przewodzących 2 i 3.

Antena elektrycznie mała wykonana według wynalazku charakteryzuje się pasmem pracy rzędu 1,4% przy stratach odbiciowych mniejszych niż -6 dB.

Zastrzeżenia patentowe

1. Antena elektrycznie mała zawierająca prostopadłościenny element dielektryczny (5) o wysokim współczynniku przenikalności dielektrycznej, o wydłużonej podstawie, znajdującej się na podłożu pokrytym przewodzącą warstwą stanowiącą powierzchnię odniesienia (6), **znamienna tym**, że krótszy bok prostopadłościennego elementu dielektrycznego (5), który jest bliższy linii zasilającej (8), pokryty jest warstwą przewodzącą (4), która łączy elektrycznie pierwszy pasek przewodzący (3) na górnej płaszczyźnie z powierzchnią odniesienia (6), przy czym pierwszy pasek przewodzący (3) na górnej płaszczyźnie jest sprzężony elektrycznie strukturą grzebieniową (1) z drugim paskiem przewodzącym (2) na górnej płaszczyźnie, a drugi pasek przewodzący (2) jest połączony z trzpieniem przewodzącym (9), który jest połączony z linią zasilającą antenę (8).
2. Antena elektrycznie mała według zastrz. 1, **znamienna tym**, że struktura grzebieniowa (1) jest zrealizowana w postaci cienkich pasków (13) przewodzących naprzemiennie podłączonych do pierwszego paska (3) i drugiego paska (2) przewodzącego na górnej powierzchni elementu dielektrycznego (5).
3. Antena elektrycznie mała według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że linia zasilająca (8) jest linią współosiową przechodzącą przez płaszczyznę odniesienia (6).
4. Antena elektrycznie mała według zastrz. 1–3, **znamienna tym**, że od spodu w elemencie dielektrycznym (5) znajduje się stroik w postaci cylindrycznej wnęki (11) oraz wsuwanego pręta (12) wykonanego z metalu.
5. Antena elektrycznie mała według zastrz. 1–4, **znamienna tym**, że element dielektryczny (5) wykonany jest z korundu.
6. Antena elektrycznie mała według zastrz. 1–5, **znamienna tym**, że prostopadłościenny element dielektryczny (5) ma wymiary 10-krotnie mniejsze niż długość fali, korzystnie $10 \times 10 \times 22$ mm.

Rysunki

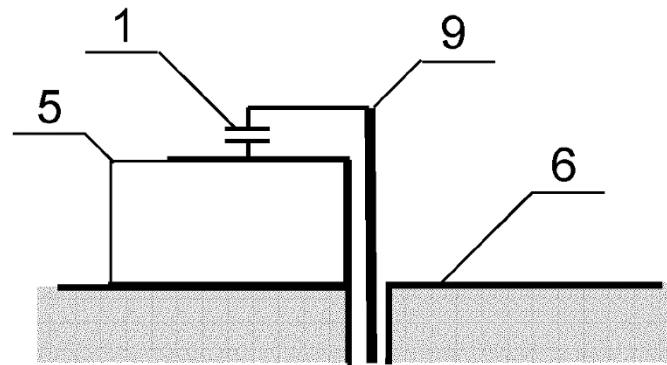


Fig. 1

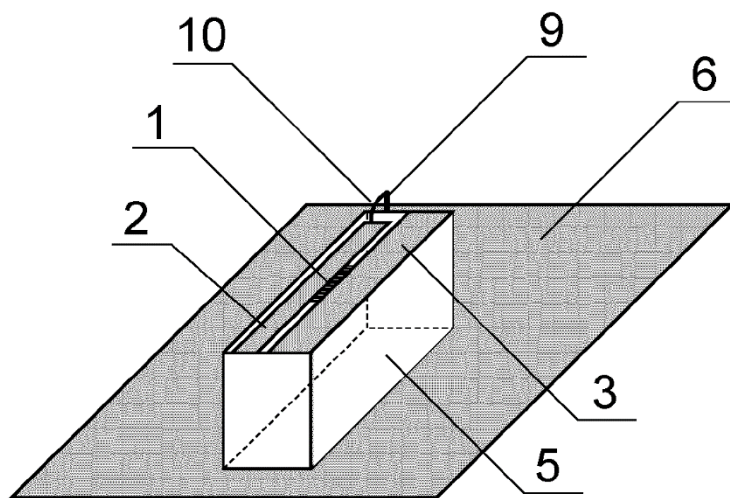
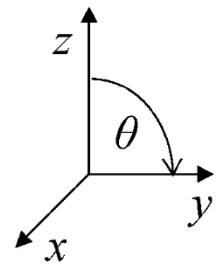


Fig. 2



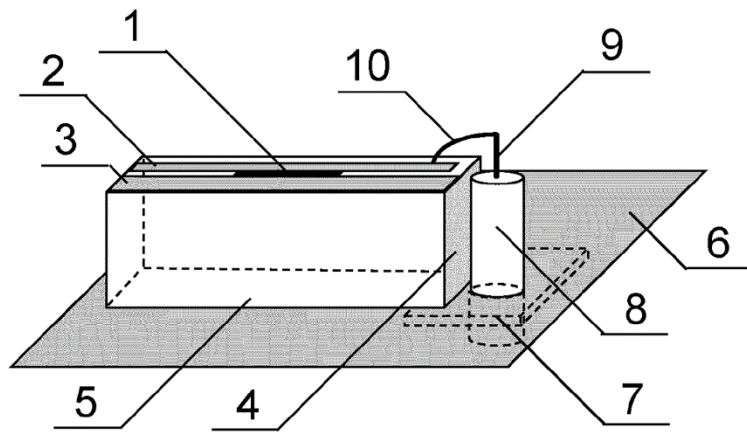


Fig. 3

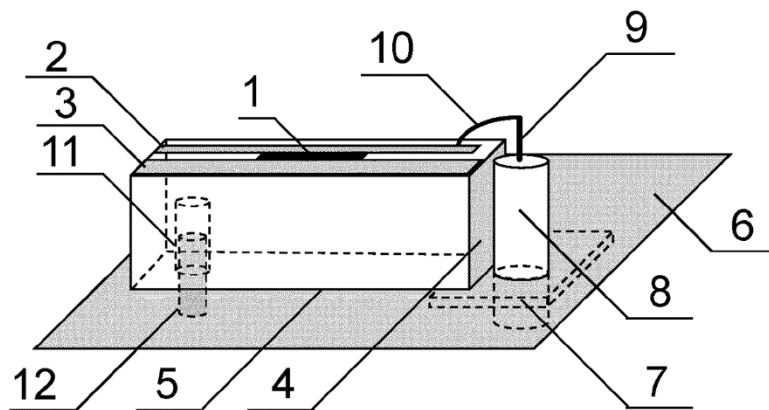


Fig. 4

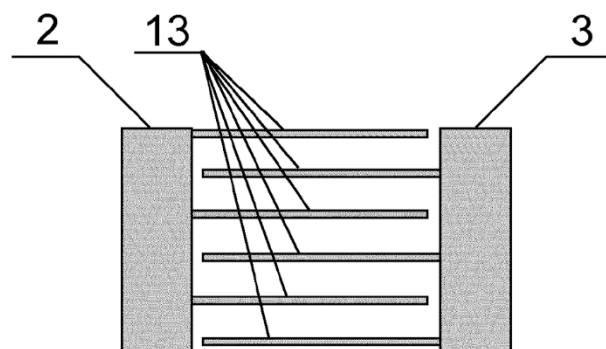


Fig. 5

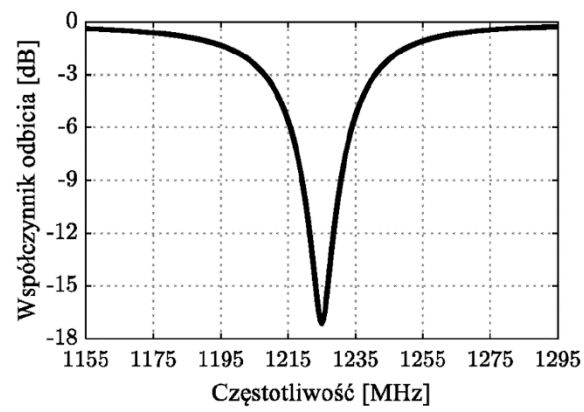


Fig. 6

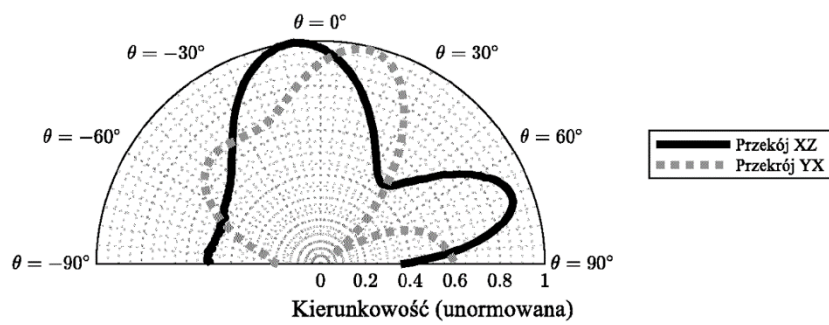


Fig. 7

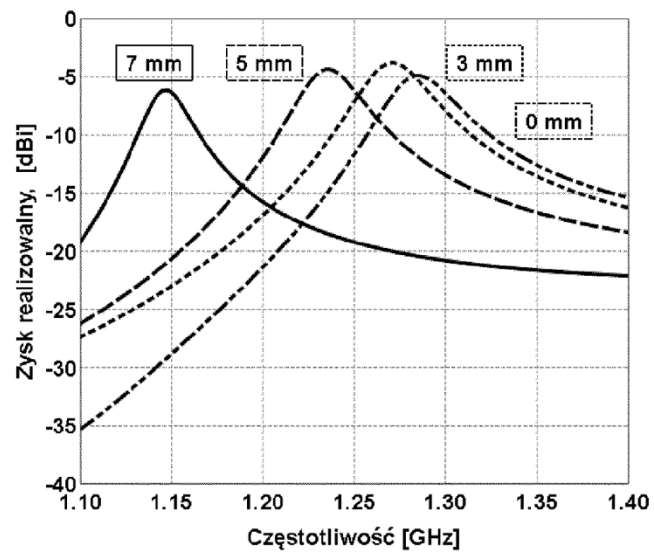


Fig. 8