

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247402 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440488**

(22) Data zgłoszenia: **2022.02.25**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.08.28 BUP 35/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.23 WUP 25/2025**

(51) MKP:

H01P 1/20 (2006.01)

H01P 1/203 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MIROSŁAW MAGNUSKI, Piekary Śląskie, PL

DARIUSZ WÓJCIK, Gliwice, PL

MACIEJ SURMA, Jaworzno, PL

ARTUR NOGA, Knurów, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Katarzyna Borkowy, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Układ ogniwa mikrofalowego planarnego filtra pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy

PL 247402 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ ogniwa mikrofalowego planarnego filtra pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy.

Znane sposoby, realizacji planarnych przestrajanych elektrycznie filtrów pasmowoprzepustowych na zakresy mikrofalowe opierają się na zastosowaniu do ich przestrajania diod pojemnościowych lub kondensatorów MEMS jako zmiennych reaktancji. Filtry te zbudowane są z przestrajanych za pomocą zmiennych reaktancji rezonatorów sprzężonych wzajemnie. W praktyce wykorzystywane jest sprzężenie galwaniczne lub sprzężenie poprzez pole elektromagnetyczne. Rezonatory filtrów wykonane są z linii mikropaskowych, paskowych lub koplanarnych, których długość elektryczna zmienia się podczas przestrajania.

Istotną właściwością filtrów pasmowoprzepustowych obok tłumienia w paśmie przepuszczania i tłumienia w paśmie zaporowym jest stromość zboczy ich charakterystyk w pasmach przejściowych. Poprawę stromości zboczy filtru pasmowoprzepustowego uzyskuje się poprzez wprowadzenie do charakterystyki filtru dodatkowych biegunów tłumienia. Dodatkowe bieguny tłumienia można uzyskać przez dodanie do struktury filtru zwartych na końcu lub rozwartych odcinków linii transmisyjnych, łączne dodanie sekcji górno i dolnoprzepustowych, łączne dodanie sekcji pasmowoprzepustowych i pasmowozaaporowych, oraz przez zastosowanie wielokrotnych sprzężeń pomiędzy jego rezonatorami.

Zagadnieniem technicznym wymagającym rozwiązania jest opracowanie nowego układu ogniwa mikrofalowego planarnego filtra pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy w paśmie przejściowym charakterystyki przenoszenia.

Cel, ten osiągnięto dzięki strukturze filtru z potrójnym indukcyjnym sprzężeniem pomiędzy rezonatorami pozwalającej na uzyskanie dwóch biegunów tłumienia położonych poniżej dolnej częstotliwości granicznej i powyżej górnej częstotliwości granicznej filtru co poprawia stromość charakterystyk w pasmach przejściowych.

Układ ogniwa mikrofalowego planarnego filtru, pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy zbudowane z czterech diod pojemnościowych i jedenastu odcinków mikropaskowych linii transmisyjnych o korzystnie dobranych impedancjach charakterystycznych i długościach, wykonanych na podłożu dielektrycznym z metalizowaną warstwą masy, charakteryzuje się tym, że wrota wejściowe filtru stanowią pierwszy koniec pierwszej linii zagiętej pod kątem prostym, w korzystnie wybranym punkcie, drugi koniec pierwszej linii dołączony jest do pierwszego końca drugiej linii oraz do pierwszego końca trzeciej linii, natomiast drugi koniec drugiej linii dołączony jest do anody pierwszej diody pojemnościowej, katoda pierwszej diody pojemnościowej połączona jest jednocześnie do katody drugiej diody pojemnościowej oraz do pierwszego doprowadzenia pierwszego rezystora, a anoda drugiej diody dołączona jest do pierwszego końca czwartej linii, drugi koniec czwartej linii dołączony jest jednocześnie do pierwszego końca siódmej linii oraz do pierwszego końca dziesiątej linii oraz do drugiego końca szóstej linii, drugi koniec siódmej linii dołączony jest za pomocą drugiej przelotki do masy układu, pierwszy koniec szóstej linii dołączony jest jednocześnie do drugiego końca trzeciej linii oraz do drugiego końca piątej linii oraz do pierwszego końca ósmej linii, przy czym pierwszy koniec piątej linii dołączony jest do masy układu za pomocą pierwszej przelotki, drugi koniec ósmej linii dołączony jest do anody trzeciej diody pojemnościowej, katoda trzeciej diody pojemnościowej dołączona jest jednocześnie do katody czwartej diody pojemnościowej oraz do pierwszego doprowadzenia drugiego rezystora, anoda czwartej diody dołączona jest do pierwszego końca dziewiątej linii, drugi koniec dziewiątej linii dołączony jest jednocześnie do drugiego końca dziesiątej linii oraz do pierwszego końca jedenastej linii, jedenasta linia jest zagięta pod kątem prostym w korzystnie wybranym punkcie, drugi koniec jedenastej linii dołączony jest do wrót wyjściowych układu, drugi koniec pierwszego rezystora oraz drugi koniec drugiego rezystora dołączone są do napięcia sterującego.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość otrzymania ogniwa filtru o dużym zakresie przestrajania posiadającego dwa bieguny tłumienia występujące w górnym i dolnym paśmie przejściowym, których występowanie powoduje poprawę stromości zboczy charakterystyki filtru. Częstotliwości biegunów tłumienia są przestrajane współbieżnie z częstotliwością środkową filtru, a stosunek częstotliwości biegunów tłumienia do częstotliwości środkowej filtru jest stały w całym zakresie przestrajania.

Uzyskanie dodatkowych biegunów tłumienia występujących w charakterystyce filtru osiągnięto dzięki zastosowaniu potrójnego sprzężenia indukcyjnego pomiędzy tworzącymi go rezonatorami.

Zastosowanie w układzie połączenie szeregowo diod pojemnościowych i linii transmisyjnych, dzięki wchłonięciu indukcyjności własnych diod, pozwala na konstrukcję filtrów pracujących w zakresie

częstotliwości zbliżonym do częstotliwości rezonansu własnego diod i ułatwia uzyskanie dużego zakresu przestrajania.

Przedmiot wynalazku objaśniono w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat układu ogniwa mikrofalowego planarnego filtra pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy.

Układ jest pasmowoprzepustowym filtrem dwuobwodowym zrealizowanym na podłożu dielektrycznym w technice mikropaskowej. Sygnał doprowadzony jest z wrót wejściowych (*WWE*), które stanowi pierwszy koniec (*KL1-1*) linii (*L1*). Linia (*L1*) pełni rolę transformatora podnoszącego impedancję obciążenia pierwszego rezonatora filtru. Pierwszy rezonator filtru stanowią kaskadowo połączone linie (*L2*), (*L3*), (*L4*), dwie diody pojemnościowe (*D1*), (*D2*) oraz układ typu P1 zbudowany z linii (*L5*), (*L6*), (*L7*) wraz z przelotkami (*V1*) i (*V2*). Linia (*L3*) o korzystnie dobranej długości wraz z linią (*L1*) pozwalają na optymalne dopasowanie impedancji źródła sygnału dołączonego do wrót wejściowych (*WWE*). Linie (*L5*), (*L6*), (*L7*) tworzące obwód typu P1 wraz z przelotkami (*V1*), (*V2*) są elementami obwodu sprzężenia obu rezonatorów filtru. Takie rozwiązanie obwodu sprzęgającego pozwala na uzyskanie w charakterystyce częstotliwościowej filtru dwóch biegunów tłumienia występujących w jej górnym i dolnym paśmie przejściowym. Sygnał z pierwszego rezonatora (*R1*) doprowadzony jest poprzez wymieniony obwód sprzęgający do drugiego rezonatora (*R2*). Drugi rezonator filtru utworzony jest z kaskadowo połączonych linii (*L8*), (*L9*), (*L10*), dwóch szeregowo połączonych diod pojemnościowych (*D3*), (*D4*) oraz układu sprzęgającego typu P1 zbudowanego z linii (*L5*), (*L6*), (*L7*) wraz z przelotkami (*V1*) i (*V2*). Sygnał z drugiego rezonatora (*R2*) doprowadzony jest za pomocą linii transmisyjnej (*L11*) o korzystnie dobranej długości do wrót wyjściowych (*WWY*) filtru. Linia (*L11*) jest transformatorem impedancji podnoszącym impedancję obciążenia drugiego rezonatora i wraz z linią (*L10*) pozwala na optymalne dopasowanie impedancji obciążenia dołączonego do wrót (*WWY*). Linie (*L1*) i (*L11*) są wygięte pod kątem prostym w korzystnie dobranych punktach w celu zmniejszenia powierzchni zajmowanej przez układ filtru. Filtr przestrajany, jest napięciem (*VD*) doprowadzonym do połączonych ze sobą katod obu par diod pojemnościowych przez rezystory (*R1*) i (*R2*). Wrota wejściowe (*WWE*) filtru stanowią pierwszy koniec (*KL1-1*) pierwszej linii (*L1*) zagiętej pod kątem prostym w korzystnie wybranym punkcie. Drugi koniec (*KL1-2*) pierwszej linii (*L1*) dołączony jest do pierwszego końca (*KL2-1*) drugiej linii (*L2*) oraz do pierwszego końca (*KL3-1*) trzeciej linii (*L3*), natomiast drugi koniec (*KL2-2*) drugiej linii, (*L2*) dołączony jest do anody pierwszej diody pojemnościowej (*D1*). Katoda pierwszej diody pojemnościowej (*D1*) połączona jest jednocześnie do katody drugiej diody pojemnościowej (*D2*) oraz do pierwszego doprowadzenia (*KR1-1*) pierwszego rezystora (*R1*), a anoda drugiej diody (*D2*) dołączona jest do pierwszego końca (*KL4-1*) czwartej linii (*L4*). Drugi koniec (*KL4-2*) czwartej linii (*L4*) dołączony jest jednocześnie do pierwszego końca (*KL7-1*) siódmej linii (*L7*) oraz do pierwszego końca (*KL10-1*) dziesiątej linii (*L10*) oraz do drugiego końca (*KL6-2*) szóstej linii (*L6*). Drugi koniec (*KL7-2*) siódmej linii (*L7*) dołączony jest za pomocą drugiej przelotki (*V2*) do masy układu. Pierwszy koniec (*KL6-1*) szóstej linii (*L3*) dołączony jest jednocześnie do drugiego końca (*KL3-2*) trzeciej linii (*L3*) oraz do drugiego końca (*KL5-2*) piątej linii (*L5*) oraz do pierwszego końca (*KL8-1*) ósmej linii (*L8*), przy czym pierwszy koniec (*KL5-1*) piątej linii (*L5*) dołączony jest do masy układu za pomocą pierwszej przelotki (*V1*). Drugi koniec (*KL8-2*) ósmej linii (*L8*) dołączony jest do anody trzeciej diody pojemnościowej (*D3*), katoda trzeciej diody pojemnościowej (*D3*) dołączona jest jednocześnie do katody czwartej diody pojemnościowej (*D4*) oraz do pierwszego doprowadzenia (*KR2-1*) drugiego rezystora (*R2*). Anoda czwartej diody (*D4*) dołączona jest do pierwszego końca (*KL9-1*) dziewiątej linii (*L9*), a drugi koniec (*KL9-2*) dziewiątej linii (*L9*) dołączony jest jednocześnie do drugiego końca (*KL10-2*) dziesiątej linii (*L10*) oraz do pierwszego końca (*KL11-1*) jedenastej linii (*L11*). Jedenasta linia (*L11*) jest zagięta pod kątem prostym w korzystnie wybranym punkcie, natomiast drugi koniec (*KL11-2*) jedenastej linii (*L11*) dołączony jest do wrót wyjściowych (*WWY*) układu. Drugi koniec (*KR1-2*) pierwszego rezystora (*R1*) oraz drugi koniec (*KR2-2*) drugiego rezystora (*R2*) dołączone są do napięcia sterującego (*VD*).

Zastrzeżenie patentowe

1. Układ ogniwa mikrofalowego planarnego filtra pasmowoprzepustowego o szerokim zakresie przestrajania ze zwiększoną stromością zboczy zbudowane z czterech diod pojemnościowych i jedenastu odcinków mikropaskowych linii transmisyjnych o korzystnie dobranych impedan-

cjach charakterystycznych i długościach, wykonanych na podłożu dielektrycznym z metalizowaną warstwą masy, **znamienny tym**, że wrota wejściowe (*WWE*) filtru stanowią pierwszy koniec (*KL1-1*) pierwszej linii (*L1*) zagiętej pod kątem prostym w korzystnie wybranym punkcie, drugi koniec (*KL1-2*) pierwszej linii (*L1*) dołączony jest do pierwszego końca (*KL2-1*) drugiej linii (*L2*) oraz do pierwszego końca (*KL3-1*) trzeciej linii (*L3*), natomiast drugi koniec (*KL2-2*) drugiej linii (*L2*) dołączony jest do anody pierwszej diody pojemnościowej (*D1*), katoda pierwszej diody pojemnościowej (*D1*) połączona jest jednocześnie do katody drugiej diody pojemnościowej (*D2*) oraz do pierwszego doprowadzenia (*KR1-1*) pierwszego rezystora (*R1*), a anoda drugiej diody (*D2*) dołączona jest do pierwszego końca (*KL4-1*) czwartej linii (*L4*), drugi koniec (*KL4-2*) czwartej linii (*L4*) dołączony jest jednocześnie do pierwszego końca (*KL7-1*) siódmej linii (*L7*) oraz do pierwszego końca (*KL10-1*) dziesiątej linii (*L10*) oraz do drugiego końca (*KL6-2*) szóstej linii (*L6*), drugi koniec (*KL7-2*) siódmej linii (*L7*) dołączony jest za pomocą drugiej przelotki (*V2*) do masy układu, pierwszy koniec (*KL6-1*) szóstej linii (*L6*) dołączony jest jednocześnie do drugiego końca (*KL3-2*) trzeciej linii (*L3*) oraz do drugiego końca (*KL5-2*) piątej linii (*L5*) oraz do pierwszego końca (*KL8-1*) ósmej linii (*L8*), przy czym pierwszy koniec (*KL5-1*) piątej linii (*L5*) dołączony jest do masy układu za pomocą pierwszej przelotki (*V1*), drugi koniec (*KL8-2*) ósmej linii (*L8*) dołączony jest do anody trzeciej diody pojemnościowej (*D3*), katoda trzeciej diody pojemnościowej (*D3*) dołączona jest jednocześnie do katody czwartej diody pojemnościowej (*D4*) oraz do pierwszego doprowadzenia (*KR2-1*) drugiego rezystora (*R2*), anoda czwartej diody (*D4*) dołączona jest do pierwszego końca (*KL9-1*) dziewiątej linii (*L9*), drugi koniec (*KL9-2*) dziewiątej linii (*L9*) dołączony jest jednocześnie do drugiego końca (*KL10-2*) dziesiątej linii (*L10*) oraz do pierwszego końca (*KL11-1*) jedenastej linii (*L11*), jedenasta linia (*L11*) jest zagięta pod kątem prostym w korzystnie wybranym punkcie, drugi koniec (*KL11-2*) jedenastej linii (*L11*) dołączony jest do wrót wyjściowych (*WWY*) układu, drugi koniec (*KR1-2*) pierwszego rezystora (*R1*) oraz drugi koniec (*KR2-2*) drugiego rezystora (*R2*) dołączone są do napięcia sterującego (*VD*).

Rysunek

