

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243458 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439145**

(22) Data zgłoszenia: **2021.10.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.04.11 BUP 15/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.08.28 WUP 35/2023**

(51) MKP:

H01Q 19/00 (2006.01)

H01J 25/50 (2006.01)

H02M 9/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

Wojciech Zajączkowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Układ do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych

PL 243458 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych, mający zastosowanie w laboratoriach do badań naukowych, zwłaszcza w zakresie fizyki i inżynierii materiałowej.

Z polskiego opisu patentowego nr 233716 jest znany układ do badania w impulsowych silnych polach elektromagnetycznych, zawierający zespół modułowych generatorów mikrofal, ustawionych zbieżnie tak, że ich kierunki emisji przecinają się w jednym punkcie, w którym jest umieszczony badany obiekt. W każdym z modułowych generatorów znajduje się magnetron, umieszczony w polu magnetycznym, wytwarzanym przez elektromagnes. Magnetron jest przyłączony do umieszczonych w tym generatorze zasilaczy, dających stałe napięcia odpowiednio żarzenia katody oraz cewki elektromagnesu i impulsowe napięcie anodowe. Ponadto, każdy z zasilaczy zawiera załączający go przełącznik i we wszystkich modułowych generatorach przełączniki zasilaczy poszczególnych rodzajów napięć są przyłączone do wspólnych źródeł napięć oraz umieszczone na zewnątrz generatorów. Przewody łączące modułowe generatory znajdujące się bliżej źródeł napięć załączających mają dodatkowe odcinki wydłużające. Oprócz tego z wyjściem każdego magnetronu impulsowego jest sprzężona antena mikropaskowa, znajdująca się na początku cylindrycznego falowodu, umieszczonego w modułowym generatorze wzdłuż kierunku emisji mikrofal i zakończonego parabolicznym kondensorem Fresnela, wykonanym z dielektryka, korzystnie polichlorku winylu. Ponadto ogniska wszystkich kondensatorów znajdują się w punkcie, w którym umieszczony jest obiekt, badany w silnym polu elektromagnetycznym.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że układ do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych zawiera zespół magnetronów impulsowych, umieszczonych w polu magnesów trwałych i katody wszystkich magnetronów impulsowych są przyłączone do wspólnego zasilacza stałego napięcia żarzenia, natomiast anody magnetronów impulsowych są przyłączone do oddzielnych zasilaczy impulsowych napięć anodowych, które są załączane w odstępach czasu, zdawanych przez programator, przyłączony do zasilaczy anodowych. Anoda każdego z magnetronów impulsowych jest połączona z pętlą sprzęgającą, wprowadzoną poprzez izolator do początkowego, zamkniętego odcinka falowodu o przekroju kwadratowym. Oś każdego z falowodów ma kształt linii łamanej oraz końce falowodów są zbliżone do siebie i tworzą matrycę kwadratową z pustą częścią środkową w kształcie kwadratu. Za pętlą sprzęgającą w każdym z falowodów jest umieszczona paraboliczna soczewka skupiająca wejściowa, której ognisko pokrywa się ze środkiem pętli sprzęgającej, natomiast w końcowej części każdego z falowodów jest umieszczony polaryzator drutowy i każdy falowód jest zamknięty paraboliczną soczewką skupiającą wyjściową, przy czym obie soczewki są wykonane z dielektryka o dużym współczynniku załamania mikrofal, korzystnie z polietylenu, natomiast wszystkie polaryzatory drutowe mają ten sam kierunek polaryzacji, którym jest kierunek ustawienia drutów. Naprzeciw parabolicznych soczewek wyjściowych znajduje się pierwotne płaskie zwierciadło Fresnela skupujące z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym, zwrócone stroną z rowkami w kierunku soczewek wyjściowych i mające otwór centralny, naprzeciw którego znajduje się wtórne płaskie zwierciadło Fresnela skupujące również z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym i zwrócone stroną z rowkami w kierunku pierwotnego zwierciadła Fresnela, przy czym oba zwierciadła tworzą układ konfokalny o wspólnym ognisku, zaś średnica pierwotnego zwierciadła Fresnela jest większa lub równa przekątnej kwadratowej matrycy końców falowodów, natomiast średnica otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela jest mniejsza od długości boku pustej części środkowej w matrycy końców falowodów i równa średnicy wtórnego zwierciadła Fresnela. Ponadto, naprzeciw otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela znajduje się obiekt badany w impulsowych polach elektromagnetycznych. Ponadto pętla sprzęgająca, falowody, polaryzatory drutowe, pierwotne zwierciadło Fresnela i wtórne zwierciadło Fresnela są wykonane z metalu nieferromagnetycznego o wysokiej konduktywności, korzystnie z miedzi.

Główną zaletą rozwiązania według wynalazku jest wytwarzanie powtarzalnych impulsów silnego pola elektromagnetycznego o zadanym kierunku polaryzacji i w sposób nieniszczący, przy czym te amplituda i czas trwania tych impulsów mogą być łatwo zmieniane. Dodatkową zaletą układu jest zmniejszenie jego wymiarów i ilości materiału do wykonania zwierciadeł.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu w widoku podłużnym, fig. 2 pokazuje sposób rozmieszczenia końcowych odcinków falowodów, zaś fig. 3 pokazuje dwa sposoby kształtowania impulsów pola elektromagnetycznego przez układ.

Układ do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych zawiera zespół magnetronów impulsowych 1, umieszczonych w polu magnesów trwałych i katody wszystkich magnetronów impulsowych 1 są przyłączone do wspólnego zasilacza stałego napięcia żarzenia 2, natomiast anody magnetronów impulsowych 1 są przyłączone do oddzielnych zasilaczy impulsowych napięć anodowych 3, które są załączane w odstępach czasu, zdawanych przez programator 4, przyłączony do zasilaczy anodowych 3. Anoda każdego z magnetronów impulsowych 1 jest połączona z pętlą sprzęgającą 5, wprowadzoną poprzez izolator do początkowego, zamkniętego odcinka falowodu 6 o przekroju kwadratowym. Oś każdego z falowodów 6 ma kształt linii łamanej oraz końce falowodów 6 są zbliżone do siebie i tworzą matrycę kwadratową z pustą częścią środkową w kształcie kwadratu. Za pętlą sprzęgającą 5 w każdym z falowodów 6 jest umieszczona paraboliczna soczewka skupiająca wejściowa 7, której ognisko pokrywa się ze środkiem pętli sprzęgającej 5, natomiast w końcowej części każdego z falowodów 6 jest umieszczony polaryzator drutowy 8 i każdy falowód 6 jest zamknięty paraboliczną soczewką skupiającą wyjściową 9, przy czym obie soczewki 7, 9 są wykonane z polietylenu, natomiast wszystkie polaryzatory drutowe 8 mają ten sam kierunek polaryzacji, którym jest kierunek ustawienia drutów. Naprzeciw parabolicznych soczewek wyjściowych 9 znajduje się pierwotne płaskie zwierciadło Fresnela 10, skupujące z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym, zwrócone stroną z rowkami w kierunku soczewek wyjściowych 9 i mające otwór centralny, naprzeciw którego znajduje się pierwotne wtórne płaskie zwierciadło Fresnela 11, skupujące również z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym i zwrócone stroną z rowkami w kierunku pierwotnego zwierciadła Fresnela 10, przy czym oba zwierciadła 10, 11 tworzą układ konfokalny o wspólnym ognisku F, zaś średnica pierwotnego zwierciadła Fresnela 10 jest większa lub równa przekątnej kwadratowej matrycy końców falowodów 6. Natomiast średnica otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela 10 jest mniejsza od długości boku pustej części środkowej w matrycy końców falowodów 6 i równa średnicy wtórnego zwierciadła Fresnela 11. Ponadto naprzeciw otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela 10 znajduje się obiekt 12 badany w impulsowych polach elektromagnetycznych.

Pętłe sprzęgające 5, falowody 6, polaryzatory drutowe 8, pierwotne zwierciadło Fresnela 10 i wtórne zwierciadło Fresnela 11 są wykonane z miedzi.

Zasada działania układu do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych polega na tym, że najpierw zostaje załączony zasilacz napięcia żarzenia 2, a po osiągnięciu przez katody magnetronów 2, temperatury zapewniającej nominalną gęstość prądu termoemisji elektronów są załączane zasilacze anodowe 3 przez programator 4 w zadanych wcześniej odstępach czasu. W wyniku tego magnetrony 1 emitują krótkie impulsy mikrofal, które za pomocą pętli sprzęgających 5 są wprowadzane do falowodów 6. Po przejściu przez paraboliczną soczewkę wejściową 7 te impulsy mikrofal tworzą wiązki równoległe, które następnie zostają spolaryzowane przez polaryzatory drutowe 8 i przechodzą przez soczewki wyjściowe 9. W wyniku tego z falowodów 6 wychodzą równoległe i liniowo spolaryzowane w jednym kierunku wiązki mikrofal 13, padające następnie na pierwotne zwierciadło zwierciadło Fresnela 10, które skupia te wiązki jako wiązkę zbieżną 14 we wspólnym ognisku F układu konfokalnego zwierciadeł Fresnela 10 i 11. Po przejściu przez ognisko F wiązki te padają na wtórne zwierciadło Fresnela 11 i po odbiciu od tego zwierciadła tworzą równoległą wiązkę końcową 15, wychodzącą z układu przez otwór centralny w pierwotnym zwierciadle zwierciadle Fresnela 10 i przechodzącą przez obiekt 12 badany w impulsowych polach elektromagnetycznych. Dzięki skoncentrowaniu do małej średnicy, indukcja pola magnetycznego i natężenie pola elektrycznego we wiązce końcowej 15 są znacznie większe, niż w we wiązkach równoległych 13, wychodzących z poszczególnych falowodów 6. Zastosowanie soczewek wejściowych 7 i wyjściowych 9 oraz płaskich zwierciadeł Fresnela 10 i 11 z rowkami o przekroju parabolicznym, eliminuje aberrację sferyczną podczas koncentracji wiązek mikrofal. Wykonanie soczewek wejściowych 7 i wyjściowych 9, korzystnie z polietylenu, zapewnia małą absorpcję mikrofal w tych elementach i ich skuteczną koncentrację. Z kolei wykonanie pętli sprzęgających 5, falowodów 6, pierwotnego zwierciadła Fresnela 10, wtórnego zwierciadła zwierciadła Fresnela wtórnego 11 z koncentrycznymi rowkami o przekroju parabolicznym z metalu nieferromagnetycznego o wysokiej przewodności, korzystnie z miedzi, zapewnia wysoki współczynnik odbicia mikrofal od tych elementów i małe straty energii elektrycznej. Ponadto, zastosowanie płaskich zwierciadeł Fresnela 10 i 11 z rowkami o przekroju parabolicznym umożliwia zmniejszenie rozmiarów układu i ilości materiału potrzebnego do wykonania, tych zwierciadeł w porównaniu ze zwierciadłami parabolicznymi o pełnym profilu. Liniowa polaryzacja wiązek mikrofal w jednym kierunku powoduje dodatkowy wzrost indukcji magnetycznej i natężenia pola elektrycznego we wiązce końcowej 15. Układ może pracować w dwóch trybach. W pierw-

szym trybie, nazywanym trybem synchronicznym, są wytwarzane krótkie impulsy pola elektromagnetycznego o dużym natężeniu I_f . Wówczas zasilacze napięcia anodowego 3 są załączane w odstępach czasu pozwalających na jednoczesne dojście impulsów mikrofal o natężeniu I_f ze wszystkich magnetronów 1 do badanego obiektu 12. W tym celu zasilacze anodowe 3 magnetronów 1 znajdujących się dalej od osi układu są załączane nieco wcześniej w odstępach czasu $\Delta t = \Delta l/c$ znacznie mniejszych od czasu trwania pojedynczego impulsu mikrofal i kompensujących czas przejścia wiązek mikrofal wzdłuż dłuższej drogi Δl , gdzie symbol c oznacza prędkość światła w próżni. W drugim trybie, nazywanym trybem sekwencyjnym, są wytwarzane impulsy pola elektromagnetycznego o mniejszym natężeniu I_f , ale o dłuższym czasie trwania.

Wtedy zasilacze napięcia anodowego 3 są załączane w odstępach czasu nieco mniejszych od czasu trwania pojedynczego impulsu mikrofal I_f , tak żeby zachować w przybliżeniu stałe natężenie impulsu wyjściowego I_f wydłużyć jego czas trwania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do wytwarzania impulsowych silnych pól elektromagnetycznych mający zespół magnetronów impulsowych, umieszczonych w polu magnesów trwałych, **znamienny tym**, że katody wszystkich magnetronów impulsowych (1) są przyłączone do wspólnego zasilacza stałego napięcia żarzenia (2), natomiast anody magnetronów impulsowych (1) są przyłączone do oddzielnych zasilaczy impulsowych napięć anodowych (3), które są załączane w odstępach czasu, zadawanych przez programator (4), przyłączony do zasilaczy anodowych (3), a ponadto anoda każdego z magnetronów impulsowych (1) jest połączona z pętlą sprzęgającą (5), wprowadzoną poprzez izolator do początkowego, zamkniętego odcinka falowodu (6) o przekroju kwadratowym i oś każdego z falowodów (6) ma kształt linii łamanej oraz końce falowodów (6) są zbliżone do siebie i tworzą matrycę kwadratową z pustą częścią środkową w kształcie kwadratu, natomiast za pętlą sprzęgającą (5) w każdym z falowodów (6) jest umieszczona paraboliczna soczewka skupiająca wejściowa (7), której ognisko pokrywa się ze środkiem pętli sprzęgającej (5), natomiast w końcowej części każdego z falowodów (6) jest umieszczony polaryzator drutowy (8) i każdy falowód (6) jest zamknięty paraboliczną soczewką skupiającą wyjściową (9), przy czym obie soczewki paraboliczne (7, 9) są wykonane z dielektryka o dużym współczynniku załamania mikrofal, natomiast wszystkie polaryzatory drutowe (8) mają ten sam kierunek polaryzacji, którym jest kierunek ustawienia drutów, a z kolei naprzeciw parabolicznych soczewek wyjściowych (9) znajduje się pierwotne płaskie zwierciadło Fresnela (10), skupujące z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym, zwrócone stroną z rowkami w kierunku soczewek wyjściowych (9) i mające otwór centralny, naprzeciw którego znajduje się wtórne płaskie zwierciadło Fresnela (11), skupujące również z koncentrycznymi rowkami o parabolicznym przekroju poprzecznym i zwrócone stroną z rowkami w kierunku pierwotnego zwierciadła Fresnela (10), przy czym oba zwierciadła (10, 11) tworzą układ konfokalny o wspólnym ognisku (F), zaś średnica pierwotnego zwierciadła Fresnela (10) jest większa lub równa przekątnej kwadratowej matrycy końców falowodów (6), natomiast średnica otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela (10) jest mniejsza od długości boku pustej części środkowej w matrycy końców falowodów (6) i równa średnicy wtórnego zwierciadła Fresnela (11), a ponadto naprzeciw otworu centralnego w pierwotnym zwierciadle Fresnela (10) znajduje się obiekt (12) badany w impulsowych polach elektromagnetycznych, a poza tym pętla sprzęgająca (5), falowody (6), polaryzatory drutowe (8), pierwotne zwierciadło Fresnela (10) i wtórne zwierciadło Fresnela (11) są wykonane z metalu nieferromagnetycznego o wysokiej przewodności.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obie soczewki paraboliczne (7, 9) są wykonane z polietylenu.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pętla sprzęgająca (5), falowody (6), polaryzatory drutowe (8), pierwotne zwierciadło Fresnela (10) i wtórne zwierciadło Fresnela (11) są wykonane z miedzi.

Rysunki

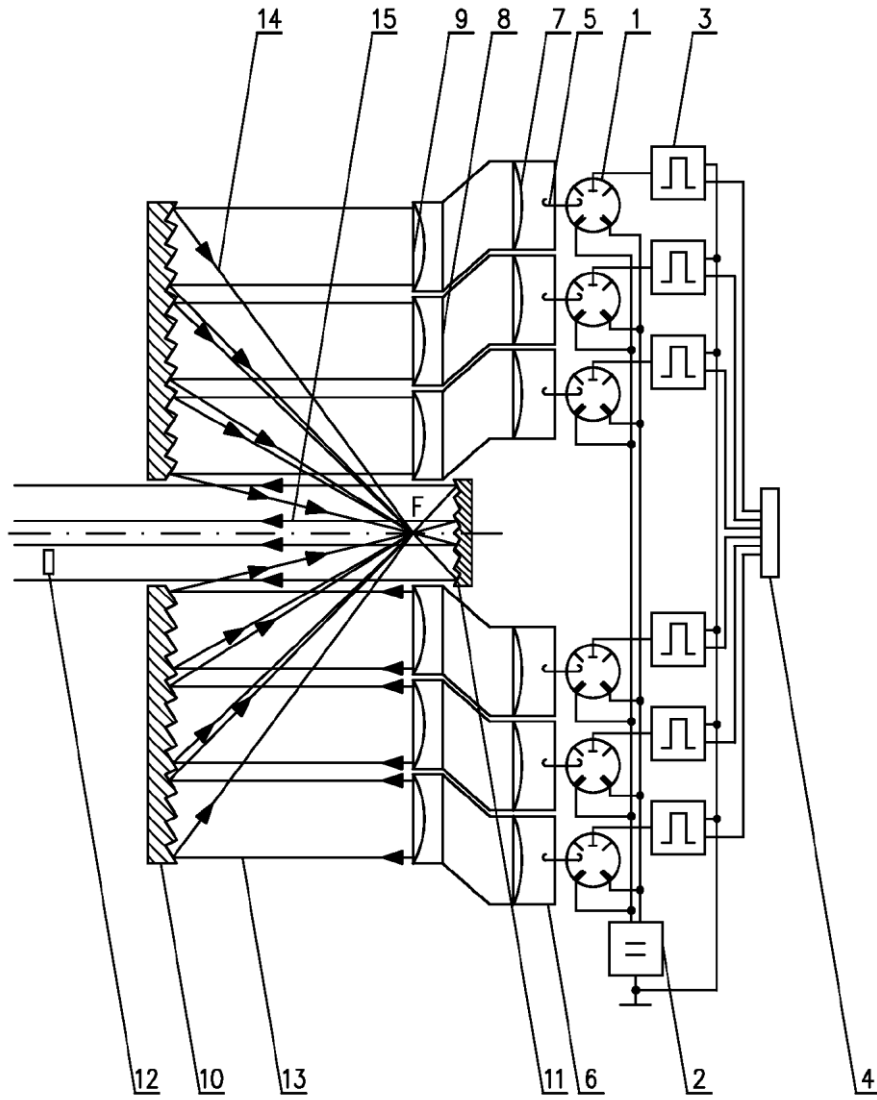


Fig.1

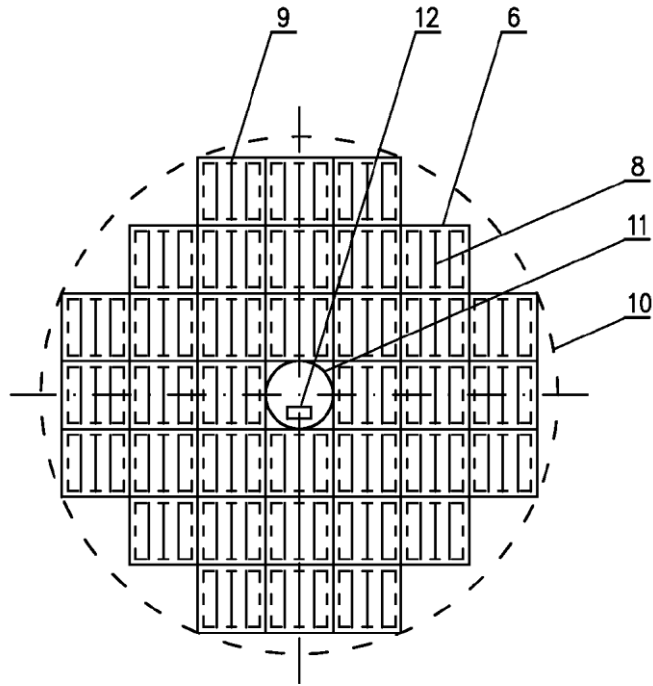


Fig.2

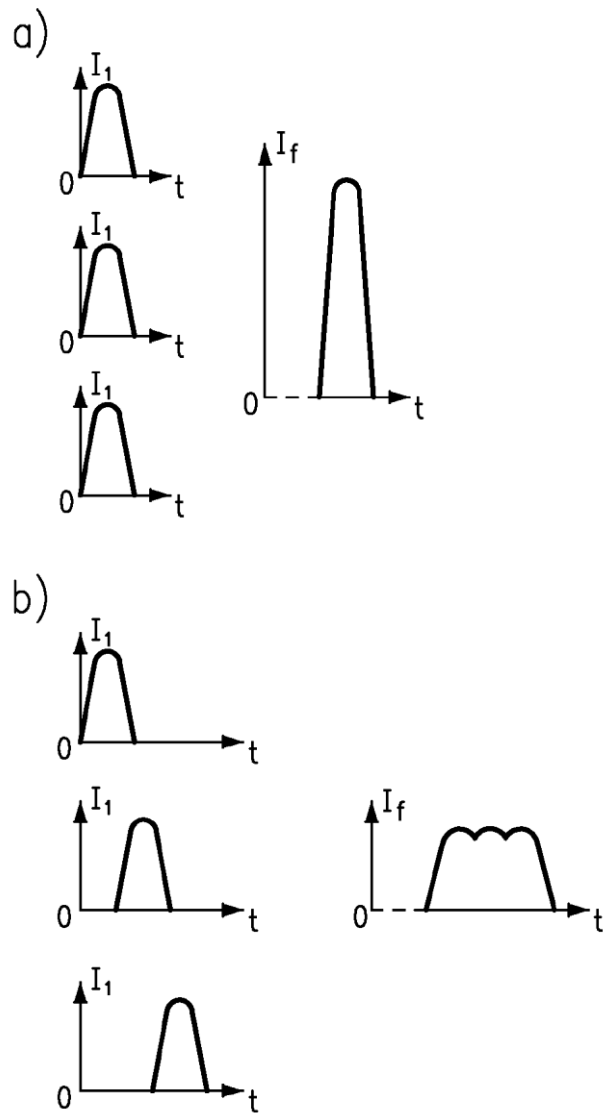


Fig.3