

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **233716**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421750**

(51) Int.Cl.  
**G01N 27/72 (2006.01)**  
**G09B 23/18 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **30.05.2017**

---

(54) **Układ do badań w silnych impulsowych polach elektromagnetycznych**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**03.12.2018 BUP 25/18**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**29.11.2019 WUP 11/19**

(73) Uprawniony z patentu:  
**UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**recz. pat. Wojciech Zajączkowski**

---

**PL 233716 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do badań w silnych impulsowych polach elektro-magnetycznych, mający zastosowanie w technice laboratoryjnej, szczególnie do testowania odporności materiałów i układów elektronicznych na silne impulsy mikrofalowe.

Znane układy do wytwarzania silnych impulsowych pól magnetycznych opisane są w monografii pod redakcją J. Schneider-Muntau, zatytułowanej „High magnetic fields: Applications, generations, materials”, opublikowanej przez wydawnictwo World Scientific w Singapurze, New Jersey, Londynie i Hong-Kongu w 1997 r. Układy te zawierają baterie kondensatorów, które są przyłączane do cewki. Działanie tych układów polega na tym, że po naładowaniu baterii zachodzi jej szybkie rozładowanie przez przyłączoną cewkę, co prowadzi do przepływu prądu elektrycznego o dużym natężeniu i wytworzeniu impulsu silnego pola magnetycznego oraz towarzyszącego temu impulsowego pola elektrycznego.

Również w monografii pod redakcją J. F. Herlacha i N. Miury, zatytułowanej „High Magnetic Fields Science and Technology, Vol. 1 Magnet Technology and Experimental Technique”, opublikowanej przez wydawnictwo World Scientific w New Jersey, Londynie, Singapurze, Szanghaju, Hong-Kongu, Taipei i Bangalore w 2003 r., opisane są znane układy do wytwarzania silnych impulsowych pól magnetycznych, zawierające baterie kondensatorów i cewki, podobne jak w poprzednio cytowanej monografii. Ponadto z tej monografii znane są układy do wytwarzania silnych pól magnetycznych przez tzw. wybuchową kompresję strumienia magnetycznego. Układy te zawierają cewkę zasilaną impulsowo z baterii kondensatorów, wewnątrz której znajduje się liner w postaci metalowej rury z podłużną szczeliną, a na zewnątrz umieszczony jest ładunek wybuchowy i detonator. Działanie tych układów polega na tym, że cewka podczas przepływu przez nią silnego impulsu prądu wytwarza początkowy strumień magnetyczny wewnątrz lineru. Następnie zostaje zdetonowany ładunek wybuchowy, który powoduje zamknięcie szczeliny lineru i jego radialne ściskanie. W wyniku tego w ścianie lineru, poruszającej się prostopadle do kierunku początkowego pola magnetycznego, indukowany jest prąd elektryczny, powodujący wytworzenie jeszcze silniejszego pola magnetycznego wewnątrz lineru, gdzie znajduje się badana próbka. Początkowy strumień magnetyczny jest przy tym zachowany, więc indukcja pola magnetycznego wzrasta. Z tej samej monografii znane są też układy z kompresją strumienia magnetycznego, w których zamiast materiału wybuchowego używa się do tego celu dodatkowych cewek, zasilanych impulsowo. W układach z kompresją strumienia magnetycznego zarówno cewki, jak i badane próbki ulegają zniszczeniu.

Układy do wytwarzania silnych pól elektromagnetycznych znane są też z podręcznika J. Benforda, J. A. Swegle i E. Schamiloglu pod tytułem „High power microwaves”, opublikowanego przez wydawnictwo Taylor and Francis w Nowym Jorku i Londynie w 2007 r. Znane układy zawierają lampy mikrofalowe, takie jak magnetrony lub wirkatory. Układ z magnetronem wysyła rozbieżny impuls mikrofalowy w kierunku matrycy złożonej z anten, utworzonych ze skrzyżowanych pasków które przekształcają go we wiązkę równoległą i wypromieniowują. Układ z wirkatorem wytwarza impuls elektromagnetyczny, który zasila sprzężoną nim antenę helikalną i jest przez nią wypromieniowywany.

Z artykułu, którego autorami są: B. E. Kane, A. S. Dzurak, G. R. Facer, R. G. Clark, R. P. Starrett, A. Skougarevsky i N. E. Lumpkin, zatytułowanego „Measurement instrumentation for electrical transport experiments in extreme pulsed magnetic flux compression” i opublikowanego przez czasopismo, „Review of Scientific Instruments”, Vol. 68, No. 10, 1997 r., znany jest układ do badania zjawisk transportu ładunków elektrycznych w materiałach. W tym układzie wytwarzanie silnego impulsu pola elektromagnetycznego odbywa się przez wybuchową kompresję strumienia magnetycznego, w sposób podobny, jak we wcześniej cytowanych monografiach. Różnica polega na tym, że zastosowano kompresję trzystopniową, dzięki umieszczeniu wokół cewki trzech współosiowych cylindrów wykonanych z materiału wybuchowego, które detonowane są kolejno. Ponadto wewnątrz cewki znajduje się dolna część kriostatu, zawierającego ciekły hel, w którym umieszczone są badane próbki.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że układ do badań w silnych impulsowych polach elektromagnetycznych zawiera zespół modułowych generatorów mikrofal, ustawionych zbieżnie, przez co ich kierunki emisji przecinają się w jednym punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt. Każdy z modułowych generatorów zawiera magnetron impulsowy z elektromagnesem, przyłączony do umieszczonych w generatorze zasilaczy, dających stałe napięcia odpowiednio: żarzenia katody oraz cewki elektromagnesu i impulsowe napięcie anodowe. Każdy z zasilaczy zawiera załączający go prze-

każnik, a ponadto we wszystkich modułowych generatorach przełączniki zasilaczy poszczególnych rodzajów napięć – żarzenia, cewki elektromagnesu i anodowego, zostały przyłączone do wspólnych źródeł napięć, które je załączają i są umieszczone na zewnątrz generatorów, przy czym przewody łączące generatory znajdujące się bliżej źródeł napięć załączających mają dodatkowe odcinki wydłużające, co powoduje wyrównanie długości wszystkich przewodów. Z wyjściem każdego magnetronu impulsowego sprzężona jest 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 z polichlorku winylu. Ogniska wszystkich kondensatorów znajdują się w punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest to, że umożliwia wytwarzanie w sposób nieniszczący układu wielokrotnie powtarzalnych, silnych impulsów pola elektromagnetycznego o zadanym rozkładzie przestrzennym oraz zadanej zależności indukcji i natężenia od czasu.

Przedmiot wynalazku pokazany jest w przykładzie wykonania i na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia rozmieszczenie i schemat połączeń modułowych generatorów zawierających magnetrony impulsowe, fig. 2 pokazuje budowę modułowego, generatora, a fig. 3 uwidacznia przekrój osiowy parabolicznego kondensora Fresnela.

Układ do badań w silnych impulsowych polach elektromagnetycznych zawiera zespół modułowych generatorów mikrofal 1, ustawionych zbieżnie, przez co ich kierunki emisji przecinają się w jednym punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt 2. Każdy z modułowych generatorów 1 zawiera magnetron impulsowy 3 z elektromagnesem 4, przyłączony jest do umieszczonych w generatorze zasilaczy 5, 6, 7, dających stałe napięcia odpowiednio: żarzenia katody, cewki elektromagnesu i impulsowe napięcie anodowe. Każdy z zasilaczy 5, 6, 7 zawiera załączający go przełącznik, a ponadto we wszystkich modułowych generatorach 1 przełączniki zasilaczy poszczególnych rodzajów napięć – żarzenia, cewki elektromagnesu i anodowego, zostały przyłączone do wspólnych źródeł napięć 8, 9, 10, które je załączają i są umieszczone na zewnątrz generatorów, przy czym przewody łączące generatory znajdujące się bliżej źródeł napięć załączających mają dodatkowe odcinki wydłużające, co powoduje wyrównanie długości wszystkich przewodów. Z wyjściem każdego magnetronu impulsowego 3 sprzężona jest antena mikropaskowa 11, znajdująca się na początku cylindrycznego falowodu 12, umieszczonego w modułowym generatorze wzdłuż kierunku emisji mikrofal i zakończonego parabolicznym kondensorem Fresnela 13, wykonanym z dielektryka, korzystnie z polichlorku winylu. Ogniska wszystkich kondensatorów 13 znajdują się w jednym punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt 2.

Zasada działania układu do badań w silnych impulsowych polach elektromagnetycznych, zawierającego magnetrony impulsowe 3, polega na tym, że najpierw wysyłany jest impuls ze wspólnego źródła 8, co powoduje załączenie zasilaczy 5, dających napięcia żarzenia. Z kolei wysyłany zostaje impuls ze wspólnego źródła 9, powodujący załączenie zasilaczy 6, dających napięcie na cewkach elektromagnesów 4. Następnie wysyłany się impuls ze wspólnego źródła 10, skutkujący przyłożeniem impulsowego napięcia na anody magnetronów 3 i wytworzeniem impulsu oscylującego napięcia o częstotliwości mikrofalowej. Dodatkowe odcinki wydłużające przewodów łączących generatory modułowe 1, znajdujące się bliżej źródeł napięć załączających, powodują że czasy przejścia impulsów załączających są równe i zasilacze 5, 6, 7 zostają uruchomione jednocześnie. Oscylujące napięcia wytworzone przez każdy magnetron 3 jest przenoszone na sprzężoną z nimi antenę mikropaskową 11, która powoduje wyemitowanie impulsu mikrofal w postaci równoległej wiązki 14, wchodzącej do cylindrycznego falowodu 12. Wiązka ta przechodzi następnie przez paraboliczny kondensator Fresnela 13 i ulega załamaniu na jego zakrzywionych powierzchniach, przekształcając się w ten sposób we wiązkę zbieżną 15, której punkt skupienia znajduje się w badanym obiekcie 2. Ponieważ po skupieniu przekrój poprzeczny każdej wiązki 15 zostaje zmniejszony i w tym samym punkcie zbiegają się wiązki pochodzące ze wszystkich generatorów modułowych 1, to zgodnie z zasadą zachowania energii i zasadą superpozycji, indukcja i natężenie wypadkowego pola elektromagnetycznego w badanym obiekcie 2 są znacznie większe, niż w przypadku umieszczenia tego obiektu w polu wiązki równoległej, wychodzącej z pojedynczego magnetronu. Parametry impulsu pola wypadkowego, takie jak czas jego trwania, wartości indukcji i natężenia oraz częstotliwość zmian, mogą być zadawane przez zmianę wartości i czasu przyłożenia napięcia anodowego i napięcia zasilającego cewki elektromagnesów 4. Zastosowanie parabolicznego kondensora Fresnela 13, w którym powierzchnie boczne rowków są pierścieniami wyciętymi z paraboloidy obrotowej pozwala na usunięcie aberracji sferycznej, występującej w przypadku zastosowania jako kondensora znanej soczewki Fresnela o rowkach stanowiących pierścienie wycięte z powierzchni sferycznej. Ponadto wykonanie kondensora Fresnela 13 wymaga mniej materiału, niż kondensora w postaci

soczewki pełnej. Zastosowanie polichloroku winylu do wykonania kondensora Fresnela 13 jest korzystne ze względu na stosunkowo wysoką stałą dielektryczną i wynikający stąd duży współczynnik załamania, a także mały współczynnik pochłaniania mikrofal tego materiału, co zapewnia efektywne działanie skupiające kondensora.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do badań w silnych impulsowych polach elektromagnetycznych, za pomocą magnetronów impulsowych z elektromagnesami, **znamienny tym**, że zawiera zespół modułowych generatorów mikrofal (1), ustawionych zbieżnie, przez co ich kierunki emisji przecinają się w jednym punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt (2), a w każdym z modułowych generatorów (1) magnetron (3) przyłączony jest do umieszczonych w tym generatorze zasilaczy (5), (6), (7), dających stałe napięcia odpowiednio żarzenia katody oraz cewki elektromagnesu i impulsowe napięcie anodowe, a ponadto każdy z zasilaczy (5), (6), (7) zawiera załączający go przekaźnik oprócz tego we wszystkich modułowych generatorach (1) przekaźniki zasilaczy poszczególnych rodzajów napięć, czyli żarzenia, cewek elektromagnesów i anodowych są przyłączone do wspólnych źródeł napięć (8), (9), (10), które je załączają i są umieszczone na zewnątrz generatorów, przy czym przewody łączące modułowe generatory (1) znajdujące się bliżej źródeł napięć załączających mają dodatkowe odcinki wydłużające, a oprócz tego z wyjściem każdego magnetronu impulsowego (3) sprzężona jest antena mikropaskowa (11), znajdująca się na początku cylindrycznego falowodu (12), umieszczonego w modułowym generatorze wzdłuż kierunku emisji mikrofal i zakończonego parabolicznym kondensorem Fresnela (13), wykonanym z dielektryka, a ponadto ogniska wszystkich kondensatorów (13) znajdują się w punkcie, w którym umieszczony jest badany obiekt (2).
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że paraboliczny kondensator Fresnela (13), wykonany jest korzystnie z polichloroku winylu.

Rysunki

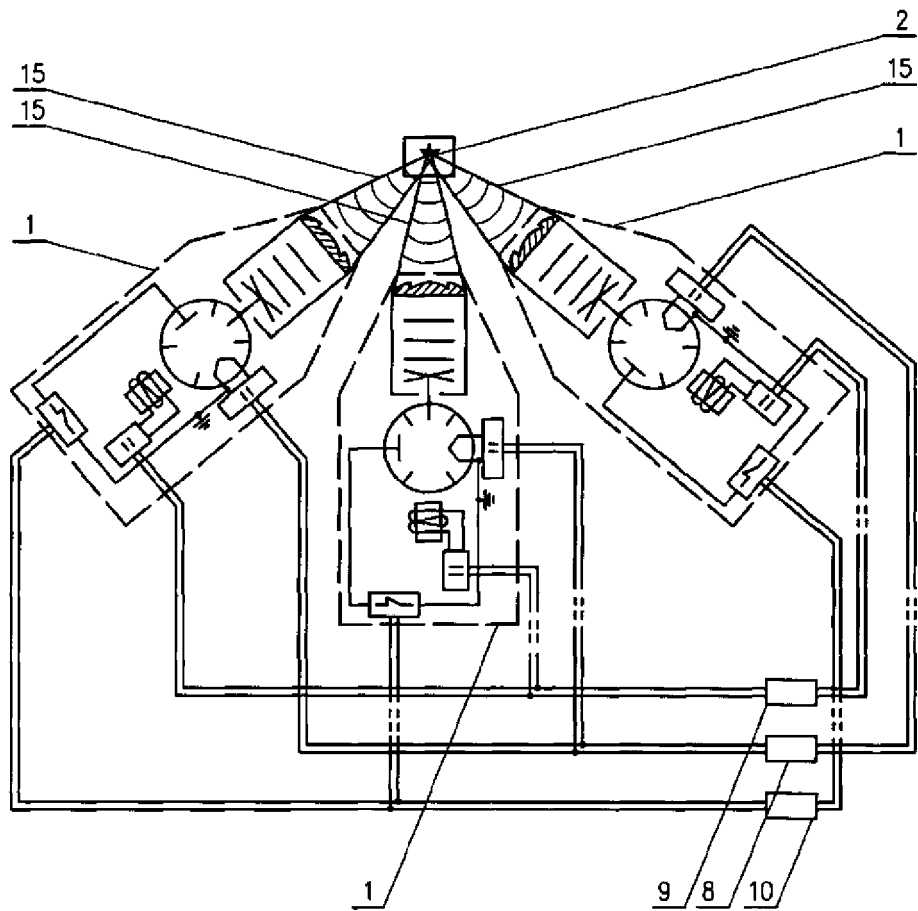


Fig.1

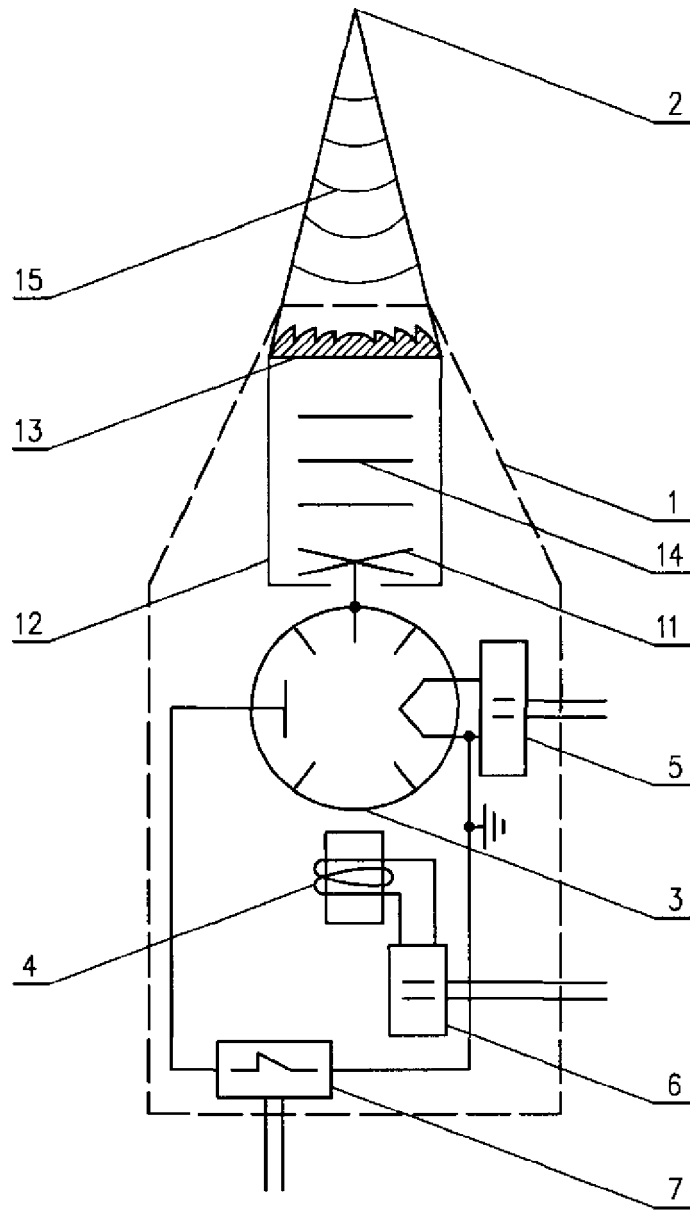


Fig.2

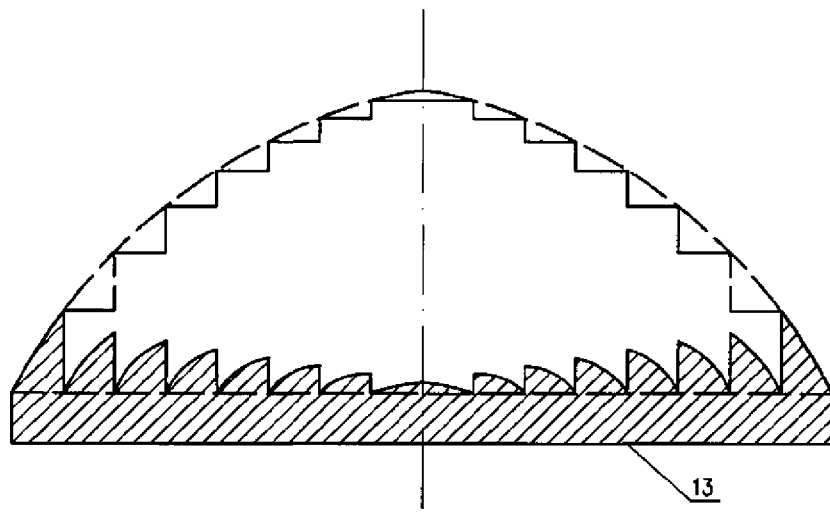


Fig.3

